VISIT…

С. А. ТИХМЕНЕВ

ОСНОВАНИЯ СТРЕЛЬБЫ ПО САМОЛЕТАМ ИЗ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
НАРКОМАТА ОБОРОНЫ СОЮЗА ССР
Москва—1940

С. А. Тихменев. „Основания стрельбы по самолетам из стрелкового оружия".

Труд состоит из двух частей. В первой части излагается теоретическая часть, обосновывающая особенности стрельбы по самолетам и дающая ряд формул, которые позволяют без сложных математических вычислений получить по данным наземной стрельбы приближенные балистические данные, вполне пригодные для практики зенитной стрельбы.

Во второй части разбираются свойства самолета как летающей цели и правила стрельбы.

Труд предназначается для начальствующего состава РККА в качестве пособия.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

ЧАСТЬ I

ОСОБЕННОСТИ СТРЕЛЬБЫ ПО САМОЛЕТАМ ИЗ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ

Балистические свойства пули при стрельбе под большими углами возвышения 9

Вступление . . . . . —

Теоретические обосиования 10

Определения (терминология) и условные обозначения . . . . . —
Навесные и настильные траекторин при стрельбе под большими углами возвышения 16
Зависимость между углами прицеливания, дальностью цели и углами места цели при стрельбе в безвоздушном пространстве 19
Определение углов прицеливання в воздушном пространстве . . 23
Обоснование и вывод приближенных формул 25
Изодистанционные кривые 37
Превышение настильных траекторий над линией цели 41
Время полета пули 45
Скорость полета пули 49
Практически полезное действие пули 54
Дериваця 57
Метеорологические данные, влияющие на полет пули 58

ЧАСТЬ II

СТРЕЛЬБА ПО САМОЛЕТАМ

Самолет как авнацель 63

Самолет как активный и пассивный враг 64
Влияние ветра на полет самолета 73

Проблемы стрельбы по самолетам и их особенности 74

Факторы, облегчающие стрельбу по самолетам по сравнению с наземной стрельбой 75
Факторы осложнения стрельбы по самолетам по сравнению с наземной стрельбой 76

Стр.

Природа огня по самолетам 78

Действительность огня по самолетам из стрелкового оружия . . . . —
Причины, влияющие на действительность огня по самолетам 82
Примеры ошибочных суждений по вопросам ПВО стрелковым оружием 93
Аномалии и парадоксы в стрельбе по самолетам 95

Правила стрельбы 99

О правилах стрельбы по самолетам в нормальных дневных условиях —
Корректирование стрельбы по самолетам наблюдением за трассой . 100
Стрельба по самолетам в условиях плохой видимости 107
Приборы для ночной стрельбы (по французским данным) 110
Виды огня по самолетам для станкового пулемета, ручного пулемета и винтовок 112
Об опасности стрельбы по самолетам для своих войск 126
Стрельба из пулеметов, не приспособленных для зенитной стрельбы 131
Стрельба по самолетам из винтовки 140
Взгляды на стрельбу по самолетам из разных пулеметов и винтовок у нас в Красной Армии 150
Проникновение пули в среду при падении на землю 162

Приложение. Таблицы и графики 167

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ, ПОМЕЩЕННЫЕ В ТРУДЕ ТИХМЕНЕВА

№ формулы	Наименование зависимости	Формула	Страница
1	Зависимость между углом встречи θ, углом места цели ε, углом наклона H траектории самолета и курсовым углом K	$\cos\theta = \cos\varepsilon \cos H \cos K - \sin\varepsilon \sin H$	14
2	Время полета пули в безвоздушном пространстве в зависимости от угла прицеливания α, угла места цели ε и начальной скорости v_0; g — ускорение силы тяжести	$t = \frac{\sin\alpha}{\cos\varepsilon} \cdot \frac{2v_0}{g}$	20
3	Зависимость в безвоздушном пространстве между наклонной дальностью D_c, углами места цели ε и прицеливания α и начальной скоростью v_0	$D_c = \frac{2\sin\alpha\cos(\alpha+\varepsilon)}{\cos^2\varepsilon} \cdot \frac{v_0^2}{g} = \frac{\sin(2\alpha+\varepsilon) - \sin\varepsilon}{\cos^2\varepsilon} \cdot \frac{v_0^2}{g}$	21
4	Величина угла прицеливания α_{max} для наибольшей дистанции в зависимости от угла места цели ε в безвоздушном пространстве	$\alpha_{max} = \frac{90^\circ - \varepsilon}{2} = 45^\circ - \frac{\varepsilon}{2}$	21
5	Максимальная дальность в безвоздушном пространстве для данного угла места цели ε и начальной скорости v_0	$D_{max} = \frac{v_0^2}{g(1+\sin\varepsilon)}$	21
6	Зависимость угла прицеливания α_c для данной наклонной дистанции от угла места цели ε и угла прицеливания α_0 при угле $\varepsilon = 0$ в безвоздушном пространстве	$\sin(2\alpha_c + \varepsilon) = \sin 2\alpha_0 \cos^2\varepsilon + \sin\varepsilon$	21
7	Приближенная зависимость между теми же углами в воздухе по предложению Бургсдорфа и Гуина	$\sin\alpha_c = \sin\alpha_0 \cos\varepsilon$	26

№ формулы	Наименование зависимости	Формула	Страница
9	Приближенная зависимость между теми же углами в воздухе по предложению Роне	$\operatorname{tg}\alpha_c = \frac{\cos\varepsilon}{1-\operatorname{tg}\alpha_0 \sin\varepsilon}\operatorname{tg}\alpha$	27
10	Величина превышения h траектории в зависимости от расстояния ∂ по линии прицеливания	$h_n = \partial_n \operatorname{tg}(\alpha_\varepsilon - \alpha_n)$	41
11	Величина координат точек настильной траектории для данного угла места цели ε	$x = (\partial - h\operatorname{tg}\varepsilon)\cos\varepsilon$	44
12		$y = (\partial \operatorname{tg}\varepsilon + h)\cos\varepsilon$	44
13	То же, для нисходящей ветви траектории	$x = D_c\cos\varepsilon$ $y = D_c\sin\varepsilon$	44
14	Приближенная величина времени полета пули в воздухе в зависимости от координат точки	$t = \sqrt{\frac{2}{g}\cdot(x\operatorname{tg}\alpha - y)}$	47
15	То же, другой вид, в зависимости от наклонной дальности D_c	$t = \sqrt{\frac{2D_c\sin\alpha_c}{g\cos(\varepsilon+\alpha_c)}}$	47
16	То же, в зависимости от t_0 времени полета пули при $\varepsilon=0$	$t = t_0\sqrt{\frac{D_c\sin\alpha_c}{D_0\operatorname{tg}\alpha_0\cos(\varepsilon+\alpha_c)}}$	47
17	То же, для $D_c = D_0$	$t = t_0\sqrt{\frac{\sin\alpha_c}{\operatorname{tg}\alpha_0\cos(\varepsilon+\alpha_c)}}$	47
19	То же, с поправочным членом для малых дистанций	$t = t_0\sqrt{\frac{\sin\alpha_c}{\operatorname{tg}\alpha_0\cos(\varepsilon+\alpha_c)}} + \frac{D_c}{10\,000}$	48
20	Количество ожидаемых попаданий при заградительном огне из станкового пулемета в зависимости от площади цели $ж$, количества выпущенных пуль m, радиуса рассеивания $R_з$ и скорости самолета v	$B_з = \frac{2жm}{\pi R_з v}$	120
21	То же, для стрельбы сопроводительным огнем Σa = длине обстреливаемого пути, K_c коэфициент	$B_c = \sum\frac{жam}{\pi K_c^2 R_з^2 v}$	121
22	То же, для стрельбы очередями K_0 — коэфициент	$B_0 = \sum\frac{2жm}{\pi K_0 R_з v}$	121
23	То же, для стрельбы из винтовок, где $K_в$ — коэфициент, n — число винтовок	$B_в = \sum\frac{2\ жa\ 0{,}75\,n}{\pi K_в^2 R_з^2 v}$	121

ПЕРЕЧЕНЬ ТАБЛИЦ

Стр.

Таблица 1. Числовая таблица зависимости углов прицеливания, места цели и наклонной дистанции стрельбы для легкой пули обр. 1908 г. Составлена на основании балистических формул . . 168
Таблица 2. То же для стрельбы тяжелой пулей 170
Таблица 3. То же для легкой пули обр. 1908 г. — вычислена по приближенным формулам Лендера 172
Таблица 3а. Таблица-график зависимости углов прицеливания от углов места цели для равных наклонных дистанций при стрельбе легкой пулей обр. 1908 г. (изодистанционные кривые). Составлена на основе числовой табл. 3. . . . . —
Таблица 4. Числовая таблица зависимости углов прицеливания, места цели и наклонной дистанции для тяжелой пули обр. 1930 г. Составлена по приближенным формулам Лендера 174
Таблица 4а. Таблица-график зависимости углов прицеливания от углов места цели для равных наклонных дистанций при стрельбе тяжелой пулей обр. 1930 г. Составлена на основе табл. 4 (изодистанционные кривые) . . . . . —
Таблица 5. Числовая зависимость наклонных дистанций от углов места цели при стрельбе легкой пулей обр. 1908 г. Составлена на основе табл. 3 176
Таблица 5а. То же, графическая таблица (изоприцельные кривые) для легкой пули обр. 1908 г. 177
Таблица 5б. То же, числовая таблица для тяжелой пули. Составлена на основе табл. 4 178
Таблица 5в. То же, графическая таблица для тяжелой пули обр. 1930 г. (изоприцельные кривые) 179
Таблица 6. Числовая таблица превышений траекторий над линией прицеливания в зависимости от углов места цели при стрельбе легкой пулей обр. 1908 г. Составлена на основе табл. 3. Заштрихованная часть таблицы дает величину поражаемого пространства для цели высотой 2 *м* 180
Таблица 6а. Графическая таблица превышений траектории над линией прицеливания и величина поражаемого пространства в зависимости от углов места цели для цели высотой 2 *м* и для дистанции 800 *м* при стрельбе легкой пулей обр. 1908 г. 182
Таблица 6б. То же, для дистанции 1 000 *м* . . . . . —
Таблица 6в. Числовая таблица превышений траектории в зависимости от углов места цели для углов прицеливания α—19′ и 58′ при стрельбе легкой пулей . . . . . —
Таблица 6г. То же, графическая таблица для угла прицеливания 19′ при стрельбе легкой пулей 183
Таблица 6д. То же для угла прицеливания 58′ . . . . . —
Таблица 6е. Числовая таблица наибольших превышений. Составлена по балистическим формулам 184

Стр.

Таблица 7. Числовая таблица превышений траектории над линией прицеливания в зависимости от углов места цели при стрельбе тяжелой пулей обр. 1930 г. Составлена на основе табл. 4 для наклонных дистанций 800 и 1 000 *м*. Заштрихованная часть таблицы дает величину поражаемого пространства для цели высотой 2 *м* 186

Таблица 7а. То же, графическая таблица для дистанции 800 *м* . 188

Таблица 7б. То же, для дистанции 1 000 *м* . . . . . —

Таблица 7в. Числовая таблица превышений траекторий в зависимости от угла места цели для углов прицеливания α—20′, 40′ и 58′ при стрельбе тяжелой пулей обр. 1930 г. . . . . —

Таблица 7г. То же, графическая таблица для угла прицеливания 20′ 189

Таблица 7д. То же, для угла прицеливания 40′ . . . . . —

Таблица 7е. То же, для угла прицеливания 58′ 190

Таблица 8. Числовая таблица зависимости времени полета пули от дистанции и угла места цели для легкой пули обр. 1908 г. . . 191

Таблица 9. То же, для тяжелой пули обр. 1930 г. . . . . —

Таблица 10. Числовая таблица изменения окончательных скоростей (скоростей в точке пересечения наклонных линий прицеливания с траекторией) в зависимости от наклонных дистанций и углов места цели для легкой пули обр. 1908 г. 192

Таблица 11. То же для тяжелой пули обр. 1930 г. . . . . —

Таблица 12. Сравнительная числовая таблица зависимости углов прицеливания и превышений траекторий над линией прицеливания при различных высотах позиций над уровнем моря 193

Таблица 13. Числовая таблица сердцевинных полос и вероятных отклонений рассеивания пуль при зенитной пулеметной стрельбе из пулемета Максима на твердой установке . . . . . —

Таблица 14. Таблица изменений скоростей полета легкой пули в зависимости от угла бросания и горизонтальной дальности . . 194

Таблица 15. График поражаемых пространств по горизонту при стрельбе по самолету из пулемета Максима сопроводительным огнем . . . . . —

Таблица 16. Числовая таблица высот винтовочного прицела в зависимости от угла места цели и наклонной дистанции 195

ЧАСТЬ I

ОСОБЕННОСТИ СТРЕЛЬБЫ ПО САМОЛЕТАМ ИЗ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ

БАЛИСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПУЛИ ПРИ СТРЕЛЬБЕ ПОД БОЛЬШИМИ УГЛАМИ ВОЗВЫШЕНИЯ

„...Известно, что теория, если она является действительно теорией, дает практикам силу ориентировки, ясность перспективы, уверенность в работе, веру в победу нашего дела".

(СТАЛИН)

ВСТУПЛЕНИЕ

Внешней баллистикой называется наука, изучающая законы и свойства полета снаряда (пули) в пространстве.

При разборе балистических свойств пули при стрельбе под большими углами возвышения имелось в виду не только дать понятие о таковых и об основных началах, но и дать возможно более широкий материал, выраженный преимущественно в таблицах (числовых и графических), который мог бы послужить источником для дальнейших изысканий в этой области и необходимыми данными для конструкторов и изобретателей зенитных прицелов и других приборов.

Большинство прилагаемых таблиц составлено по приближенным формулам, в которых за исходные данные принимаются элементы траекторий при угле места цели, равном 0°, заимствованные из таблиц для наземной стрельбы, при составлении которых для пулемета Максима при стрельбе легкими пулями принят угол вылета, равный —6° и при стрельбе тяжелыми пулями —7°.

Материал, послуживший для разработки настоящего вопроса, имеет почти исключительно теоретический характер ввиду трудности постановки специальных опытов, настолько всесторонних, чтобы они могли охватить и связать все области этого многогранного вопроса.

Необходимо отметить, однако, что не только теория, но и практика вполне определенно указывает, что и такой подход к делу, имеющему в виду именно объединение всех отделов,

создающих мощь ПВО стрелкового оружия, является достаточным для практических целей.

Главнейшим источником настоящей главы послужили:

а) для теоретических обоснований — „Теоретический курс стрельбы по воздушному флоту" инж. Лендера;

б) для составления таблиц — основные таблицы издания Артиллерийского управления РККА 1938 г.: „Таблицы стрельбы из стрелкового оружия по наземным целям" и „Таблицы углов прицеливания по зенитным целям для легкой и тяжелой пуль", издания 1939 г.

Принцип стрельбы по самолетам покоится:

а) на особенностях самолетов и условий стрельбы по ним;

б) на мероприятиях по борьбе с этими особенностями.

Под „особенностями" будем подразумевать условия стрельбы по самолетам, отличные от таковых по наземным целям. Они выражаются:

а) в особенности балистических данных полета пули при стрельбе под большими углами бросания;

б) отличительными свойствами самолета как авиацели;

в) метеорологическими данными, влияющими на полет пули в верхних слоях атмосферы, и

г) рядом проблем, отсутствующих в наземной стрельбе.

Отсюда целеустановка данного труда — возможно выпуклее подчеркнуть основания, которые должны урегулировать контакт между работами техников, составителей правил стрельбы и преподавателей по подготовке кадров бойцов-зенитчиков.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОБОСНОВАНИЯ

Определения (терминология) и условные обозначения

Для стрельбы по зенитным целям терминологию и условные обозначения было бы желательно полностью сохранить общими со стрельбой наземной, которые весьма четко разъясняются в соответствующих официальных изданиях: уставах, наставлениях, руководствах и т. д. Однако выполнить это полностью не удается, так как, например: плоскость прицеливания и плоскость стрельбы по авиацелям не совпадают, что имеет место при наземной ружейной стрельбе, а потому, если бы придерживаться буквально определенной теории наземной стрельбы из винтовок, то углы прицеливания оказались бы лежащими не в вертикальной плоскости, а в какой-то наклонной плоскости и были бы различны при стрельбе по самолетам, идущим на одной и той же дистанции и под одним и тем же углом места цели, но с разными скоростями. Во избежание этого при стрельбе по зенитным целям, подобно тому как это принято при стрельбе из пулеметов с наводкой по вспомогательной точке, углом прицеливания надлежит называть угол, заключенный между прямоугольными (ортогональными) проекциями линии прицеливания и продолжения оси канала ствола до выстрела на одну общую вер-

тикальную плоскость, проходящую через оружие. Естественно, что за плоскость проекций выгоднее всего брать плоскость или прицеливания или стрельбы.

Условные обозначения, употребляемые в теории зенитной стрельбы

1. Линия выстрела . . . . . $Л_с$
2. Плоскость стрельбы . . . . . $П_с$
3. Горизонт оружия . . . . . $Г_о$
4. Траектория пули . . . . . $Т_п$
5. „ самолета . . . . . $Т_с$
6. Снижение пули . . . . . $С_п$
7. Горизонтальная дальность до произвольной точки траектории . . . . . $D_г$
8. Горизонтальные дальности до определенной точки горизонта оружия . $D_о$, D_{100}, D_{200}
9. Линия цели . . . . . $Л_ц$
10. Линия прицеливания . . . . . $Л_п$
11. Прицельная дальность . . . . . $Д_ц$
12. Угол места цели . . . . . ε (эпсилон)
13. Угол возвышения . . . . . β (бэта)
14. Угол бросания . . . . . γ (гамма)
15. Угол прицеливания . . . . . α (альфа)
16. Превышение траектории над горизонтом . . . . . B_{100}, B_{200} и т. д.
17. Плоскость прицеливания . . . . . $П_п$
18. Наклонная дальность по линии цели до определенной точки траектории . $д_{100}$, $д_{200}$ и т. д.

Превышение h какой-либо точки траектории над линией прицеливания отсчитывается по перпендикуляру, опущенному из этой точки на проекцию линии прицеливания на плоскость стрельбы. При стрельбе по наземной цели, лежащей на одном уровне с позицией, этот перпендикуляр вертикален, при стрельбе по воздушной цели (рис. 1) — наклонен к горизонту.

19. Скорость пули в данный момент (конечная скорость для данной наклонной дальности) . . . . $v_п$
20. Время полета пули на данную наклонную дистанцию . . . . . $t_п$
21. Живая сила пули (кинетическая энергия) . . . E
22. Угол встречи . . . . . $в$
23. Курсовой угол . . . . . $К$

Пояснение вышеприведенных терминов. Плоскостью стрельбы $П_с$ называется вертикальная плоскость, проходящая через направление канала ствола при выстреле.

Горизонтальная дальность $D_г$ и превышение траектории над горизонтом $B_г$ будут иногда называться координатами точки с отсчетом последних от дула оружия.

Координаты вершины траектории — $x_з$, $y_з$.

Линией прицеливания $Л_п$ называется луч зрения, проходящий через диоптр или вершину мушки, через точку на кольцевом прицеле и самолет.

Линией цели $Л_ц$ называется линия от любой точки оружия по направлению на цель.

Плоскость прицеливания $П_п$—вертикальная плоскость, проходящая через линию прицеливания $Л_п$.

Углом встречи[1] $в$ называется угол между направлением движения цели и линией прицеливания $Л_п$.

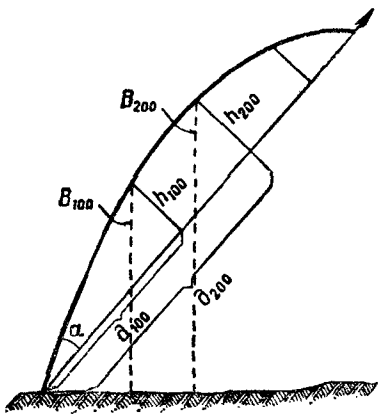


Рис. 1. Превышение траектории над линией цели

Угол $К$ — курсовой угол, проекция угла встречи на горизонтальную плоскость.

Курсом цели называется направление движения цели.

Прицельной (наклонной) дальностью $Д_п$ называется расстояние до цели по линии прицеливания $Л_п$ или по линии цели $Л_ц$.

Углом места цели ε называется угол, заключенный между линией цели и ее проекцией на горизонт.

Курсовой угол $К$ есть угол, заключенный между проекциями: направления движения цели и линии прицеливания на горизонт, или, короче, есть проекция угла встречи $в$ на горизонт.

Курсовым параметром называется кратчайшее расстояние (перпендикуляр) от позиции до проекции траектории самолета на горизонт (рис. 2). Осевой дальностью называется наклонная дальность, откладываемая по направлению оси оружия в момент выстрела.

Определение угла встречи (угла $в$) (рис. 3). Углом встречи называется угол, заключенный между направлением движения цели и линией прицеливания, которую без большой погрешности можно принять за линию цели.

Пусть самолет двигается по направлению ON и за очень малый промежуток времени проходит путь $ON = y$, тогда ZO будет линией прицеливания, и пусть отрезок $ZO = D$ и плос-

[1] Не следует смешивать с углом встречи, составленным касательной к траектории с плоскостью, перпендикулярной к линии прицеливания в рассматриваемой точке.

кость ZKN_1 будет горизонт оружия, тогда угол H будет углом наклона траектории самолета, угол ε — углом места цели, угол $в$ — углом встречи, угол K — курсовым углом, отрезки a и a_1 — высотами полета самолета в точках O и N.

Из треугольника ZON тригонометрия нам дает:

$$D_1^2 = y^2 + D^2 - 2yD\cos в,$$

откуда:

$$\cos в = \frac{y^2 + D^2 - D_1^2}{2yD}. \quad \ldots\ldots\ldots (Б)$$

Из прямоугольного треугольника N_1ZN имеем:

$$D_1 = \sqrt{a_1^2 + б^2} \quad \ldots\ldots\ldots (А)$$

Из чертежа видно, что

$$a_1 = N_1C + CN,$$

но

$$N_1C = a$$

и

$$CN = y \sin H.$$

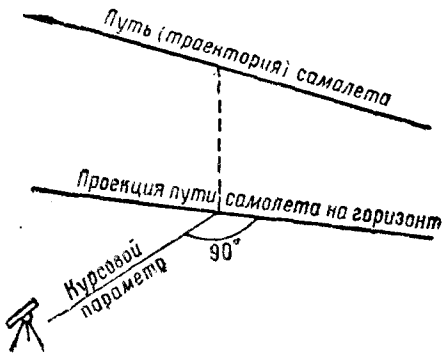


Рис. 2. Курсовой параметр

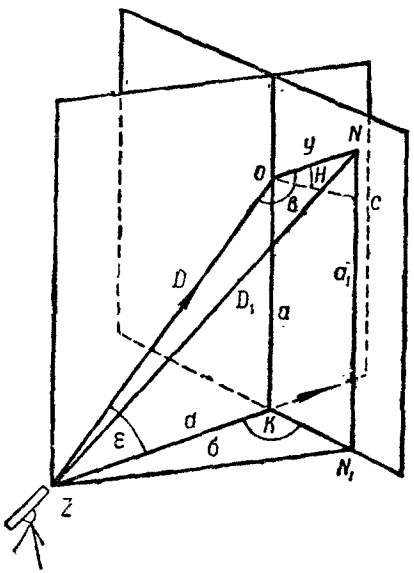


Рис. 3. Определение угла встречи в

Подставляя эти значения в формулу для a_1, получаем

$$a_1 = a + y \sin H.$$

Из треугольника KZO имеем:

$$a = D \sin \varepsilon,$$

а значит,

$$a_1 = D \sin \varepsilon + y \sin H.$$

Из треугольника N_1ZK имеем:

$$б = \pm \sqrt{d^2 + y^2 \cos^2 H - 2ay \cos H \cos K}.$$

Из треугольника KZO имеем:

$$d = D \cos \varepsilon,$$

подставляя в формулу для $б$, получаем

$$б = \pm \sqrt{D^2 \cos^2 \varepsilon + y^2 \cos^2 H - 2Dy \cos \varepsilon \cos H \cos K}.$$

Подставляя в формулу (А) выведенные значения для a_1 и $б$, получаем:

$$D_1 = \pm \sqrt{D^2 \sin^2 \varepsilon + y^2 \sin^2 H + 2Dy \sin \varepsilon \sin H + D^2 \cos^2 \varepsilon + y^2 \cos^2 H - 2Dy \cos \varepsilon \cos H \cos K}.$$

Подставляя в формулу (Б) значение для D_1, получаем:

$$\cos в = \frac{y^2 (1 - \sin^2 H) + D^2 (1 - \sin^2 \varepsilon) - 2Dy (\sin \varepsilon \cdot \sin H - \cos \varepsilon \cos H \cos K)}{2yD} + \frac{-D^2 \cos^2 \varepsilon - y^2 \cos^2 H}{2yD}.$$

Принимая во внимание, что $1 - \sin^2 H = \cos^2 H$ и $1 - \sin^2 \varepsilon = \cos^2 \varepsilon$, после сокращения получаем:

$$\cos в = \cos \varepsilon \cdot \cos H \cdot \cos K - \sin \varepsilon \cdot \sin H. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

По этой формуле можно определить угол встречи для любого положения самолета, зная курсовой угол, угол наклона траектории самолета и угол места цели и приняв во внимание следующие условия: углы наклона траектории K самолета считать положительными при снижающемся самолете и отрицательными при подъеме самолета; положительным направлением линии цели считать направление от оружия к самолету, как указано стрелками (рис. 3); отсчет положительных углов встречи $в$ делать от положительного направления линии цели вокруг точки O в сторону, обратную движению часовой стрелки, беря начало отсчетов углов впереди точки O; отсчет положительных курсовых углов K делать в том же порядке, как и углов встречи, но вокруг точки K.

Пример 1. Самолет идет в горизонтальной плоскости, приближаясь в плоскости прицеливания; угол места цели $\varepsilon = 0$, для этого случая $\angle K = 180°$; $\angle H = 0$.

Из рис. 4 видно, что угол встречи

$$\angle в = 180° - \varepsilon.$$

Формула дает:

$$\cos в = \cos \varepsilon \cdot \cos 0 \cdot \cos 180° - \sin \varepsilon \cdot \sin 0 = -\cos \varepsilon,$$

т. е.

$$\angle в = 180° - \varepsilon.$$

Пример 2. Самолет идет, приближаясь и пикируя, по линии цели (рис. 5); для этого случая имеем:

$$\angle H = \angle \varepsilon; \quad \angle K = 180°.$$

Из чертежа видно, что $\angle в = 180°$.

Формула дает

$$\cos в = \cos \varepsilon \cdot \cos \varepsilon \cdot \cos 180° - \sin \varepsilon \cdot \sin \varepsilon = -(\cos^2 \varepsilon + \sin^2 \varepsilon) = -1,$$

т. е.

$$\angle в = 180°.$$

Пример 3. Самолет идет, удаляясь и кабрируя (набирает высоту) по линии цели (рис. 6); для этого случая имеем:

$$\angle H = -\angle \varepsilon \text{ и } \angle K = 0.$$

Из чертежа видно, что угол встречи $в$ равен 0.

Формула дает

$$\cos в = \cos \varepsilon \cdot \cos(-\varepsilon) \cdot \cos 0 - \sin \varepsilon \cdot \sin(-\varepsilon) = \cos^2 \varepsilon + \sin^2 \varepsilon = 1,$$

т. е.

$$\angle в = 0.$$

Пример 4. Самолет, приближаясь, кабрирует в плоскости прицеливания (рис. 7) под углом наклона $\angle H = -\angle \varepsilon$; угол встречи для этого будет $\angle K = 180°$.

Из чертежа видно, что $\angle в = 180° - 2\varepsilon$.

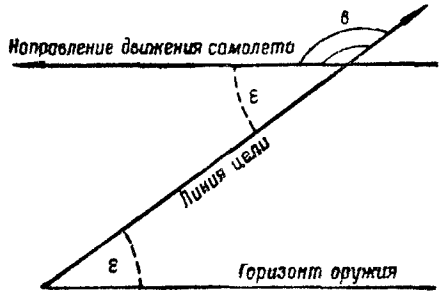


Рис. 4. Схематический рисунок к примеру 1

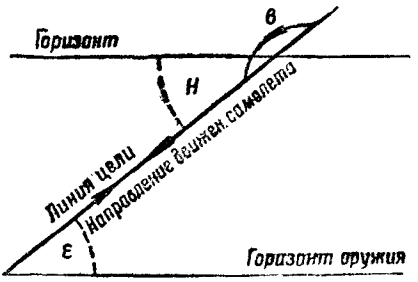


Рис. 5. Схематический рисунок к примеру 2

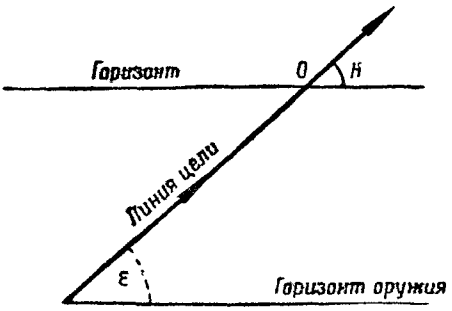


Рис. 6. Схематический рисунок к примеру 3

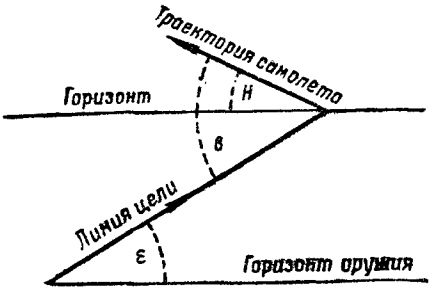


Рис. 7. Схематический рисунок к примеру 4

Формула дает

$$\cos в = -\cos^2 \varepsilon + \sin^2 \varepsilon = -\cos 2\varepsilon,$$

т. е.

$$\angle в = 180° - 2\varepsilon.$$

Пример 5. Самолет удаляется, пикируя в плоскости прицеливания под $\angle H = \angle \varepsilon$ (рис. 8); для этого случая $\angle K = 0$.

Из чертежа видно, что $\angle в = 360° - 2\varepsilon$.

Формула дает

$$\cos в = \cos^2 в - \sin^2 в = + \cos 2в,$$

т. е. $\angle в = 360° - 2в$, так как самолет снижается.

Пример 6. Самолет проходит по горизонту на параметре слева $\angle K = 90°$ (рис. 9); $\angle H = 0$ и $\angle в \neq 0$.

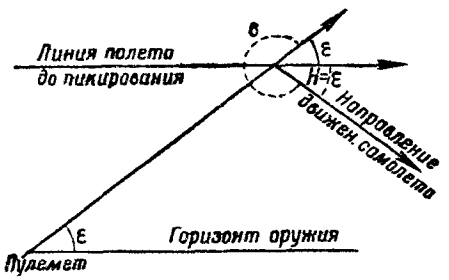


Рис. 8. Схематический рисунок к примеру 5

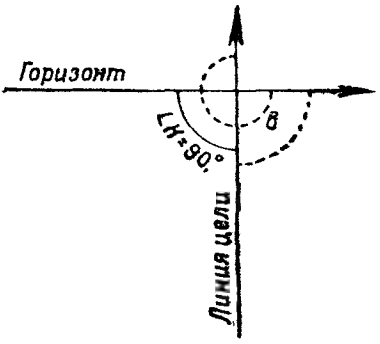


Рис. 9. Схематический рисунок к примеру 6

Из чертежа имеем: $\angle в = 270°$.

Формула дает

$$\cos в = \cos в \cdot \cos 0 \cdot \cos 90° - \sin в \sin 0 = 0 - 0 = 0,$$

т. е. $\angle в = 270°$, так как самолет двигается слева.

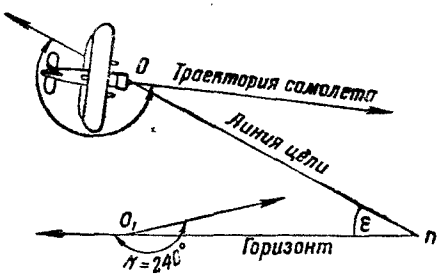


Рис. 10. Схематический рисунок к примеру 7-му

Пример 7. Самолет идет слева, приближаясь под курсовым углом $K = 240°$; пикируя под $\angle H = 20°$ и $\angle в = 40°$ (рис. 10). $\angle в$ лежит в наклонной плоскости. Из рисунка не видно, чему равняется $\angle в$, но видно, что он больше 180°, т. е. что его косинус отрицателен.

Формула дает

$$\cos в = \cos 40° \cdot \cos 20° \cdot \cos 270° - \sin 40° \cdot \sin 20° =$$
$$= -0{,}77 \cdot 0{,}94 \cdot 0{,}5 - 0{,}64 \cdot 0{,}34 = -0{,}36 - 0{,}22 = -0{,}58;$$
$$\angle в = 180 + 54°30'.$$

Навесные и настильные траектории при стрельбе под большими углами возвышения

Каждая точка поражаемого пространства может быть пройдена двумя траекториями — настильной $ОЛ_1М$ и навесной $ОЛ_2М$ (рис. 11).

Последняя траектория выше первой, т. е. имеет бо́льшую кривизну (крутизну) и соответствует большему углу прицеливания α_2.

Настильная траектория $ОЛ_1М$ с удалением точки $М$ от точки выстрела $О$ вдоль прямой $ОА$ изменяется таким образом, что угол прицеливания α_1 при этом непрерывно увеличивается, достигая наибольшего значения α_{max} при наибольшем возможном удалении точки $М$ от начала $О$.

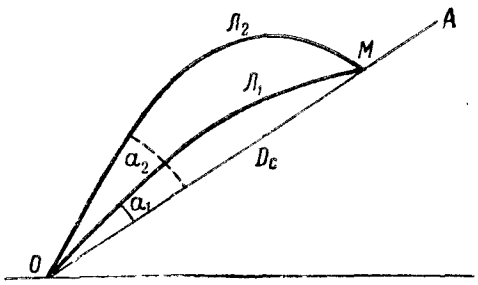


Рис. 11. Навесная и настильная траектории

Навесная траектория $ОЛ_2М$ с удалением точки $М$ от начала $О$ вдоль прямой $ОА$ меняется таким образом, что угол прицеливания α_2 при этом непрерывно уменьшается, достигая наименьшего значения $\alpha_{2\,min}$ при наибольшем возможном удалении точки $М$ от точки выстрела $О$.

Из этого следует, что $\alpha_{1\,max} = \alpha_{2\,min}$.

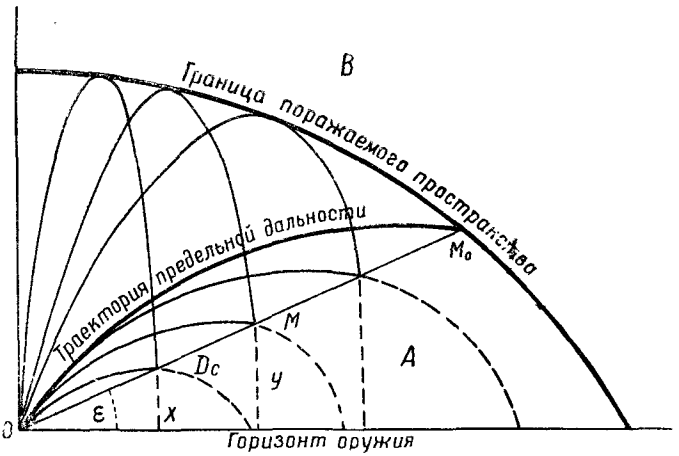


Рис. 12. Граница поражаемых пространств

Предельное положение траекторий $ОЛ_1М$ и $ОЛ_2М$, когда $\alpha_{1\,max} = \alpha_{2\,min}$, называется траекторией предельной дальности при данном угле местности.

Все настильные траектории, отвечающие данному углу местности, располагаются ниже траектории предельной дальности (рис. 12).

Точка $М_0$ — пересечения траектории предельной дальности с прямой $ОМ$ (линия цели) — лежит на границе, отделяющей по-

ражаемое пространство A от непоражаемого B. Эта граница есть геометрическое место точек M_0 (точек пересечения траекторий предельных дальностей с линией цели) в плоскости стрельбы, соответствующих различным углам ε места цели от 0° до 90°. Траектория предельной дальности касается границы поражаемого пространства в точке M_0. В противном случае в этой точке имело бы место пересечение траектории с кривой границы поражаемого пространства, и траектория предельной дальности выходила бы из области поражаемого пространства, что противоречило бы определению.

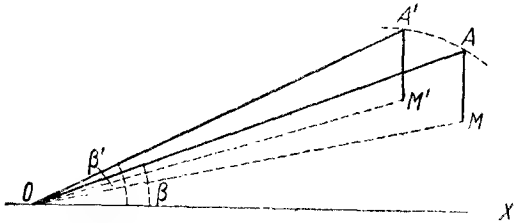


Рис. 13. Схема Начала Сан-Робера

В практике стрельбы по воздушным целям применяются только настильные траектории, представляющие по сравнению с навесными следующие преимущества:

1. Отклонение от линии цели и время полета у настильных траекторий меньше, чем у навесных.

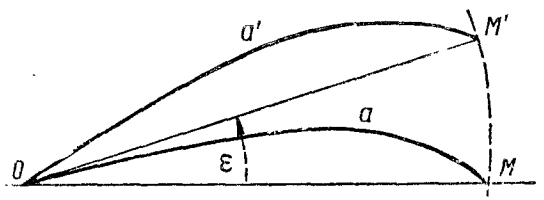


Рис. 14. Вращение траектории при угле возвышения до 15°

2. Угол прицеливания и время полета у настильных траекторий изменяются в одинаковом смысле с дальностью, т. е. большей дальности соответствуют бо́льший угол прицеливания и большее время полета.

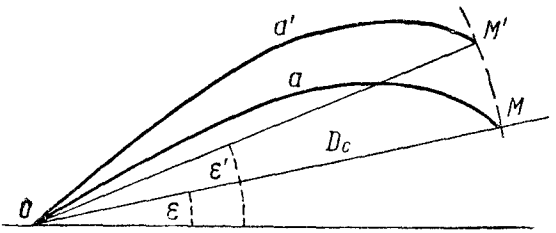


Рис. 15. Вращение траектории при угле возвышения больше 15°

3. Убойная сила при настильной траектории больше, чем при навесной.

Неизменность очертания (кривизны) траектории при настильной стрельбе под большими углами возвышения. При стрельбе под углами возвышения, не превосходящими 15° (настильная стрельба по наземным целям), приближенно можно считать, что понижения пуль $A'M'$ и AM под линией выстрела, отвечающие одинаковым осевым расстояниям OA и OA' (рис. 13), не зависят от углов возвышения, т. е. равным осевым расстояниям соответствуют равные понижения под линией выстрела. Это положение известно под названием „Начало Сан-Робера".

Так как при $AM = A'M'$ приблизительно $OM = OM'$ и $\triangle AOM = \triangle A'OM'$, то высказанное начало можно также выразить таким

образом: при малых углах возвышения (до 15°) равным дальностям до цели (OM и OM'), независимо от величины углов местности ($\angle MOX$ и $\angle M'OX$), соответствуют равные углы прицеливания ($\angle AOM$ и $\angle A'OM'$).

Это значит, что в указанных пределах углы прицеливания не зависят от углов местности, и траекторию $Oa'M'$ (рис. 14), отвечающую цели M' с углом местности ε, можно себе представить, как полученную из траектории OaM с углом местности 0° путем поворота последней на угол ε.

В последней формулировке изложенное начало может быть распространено и на настильные траектории при стрельбе под большими углами возвышения. Так, если известна траектория OaM (рис. 15), отвечающая дальности D_c и углу местности ε, то траектория $Oa'M'$, отвечающая той же дистанции и смежному углу местности ε' (т. е. углу, отличающемуся не более чем на 15°), может быть получена из первой путем вращения ее на угол $(\varepsilon' - \varepsilon)$.

Угол прицеливания для обеих траекторий один и тот же.

Полученный результат может быть выражен словами: при всех углах местности между 0° и 90° углы прицеливания смежных траекторий не зависят от углов местности.

Зависимость между углами прицеливания, дальностью цели и углами места цели при стрельбе в безвоздушном пространстве

Как теория, так и практика показали, что зависимости углов прицеливания от дистанций и углов места цели остаются приблизительно одни и те же в безвоздушной среде и в воздухе любой плотности. Изменяются только дальности полета пули. Отсюда достаточно ввести в полученную для безвоздушного пространства формулу хотя бы одно данное, относящееся к стрельбе в воздухе (его можно почерпнуть из наземных таблиц, составленных на основании теоретических и опытных данных), чтобы для стрельбы под большими углами возвышения получить так называемые „приближенные“ исходные формулы.

Эта богатая по своему практическому значению мысль представляется нам особенно заманчивой в том отношении, что, обходя сложные вычисления с помощью высшей математики, мы можем исследовать и объяснить почти все законы балистики, правда с несколько меньшей точностью, но, однако, вполне достаточной для практических целей.

Итак, мы переходим к изучению поставленного в заголовке задания: к определению зависимости между углами прицеливания α, места цели ε и наклонной дальностью до цели D_c.

В безвоздушном пространстве пуля при полете находится под действием только силы тяжести, которая сообщает ей в вертикальном направлении постоянное ускорение $g = 9{,}81$ *м/сек*^{2}. Вследствие этого понижение пули под линией выстрела следует закону свободного падения тел в пустоте, т. е. по проще-

ствии t секунд от момента вылета понижение пули выразится величиной $\frac{gt^2}{2}$ (рис. 16). За это время пуля, если бы не было силы тяжести, прошла в направлении выстрела по закону инерции путь v_0t, где v_0 есть ее начальная скорость. Таким образом, пуля к концу t секунд, по закону сложения движения, займет крайнюю точку M диагонали параллелограма, построенного на отрезках $Om = v_0t$, отложенному вдоль линии выстрела, и $mM = \frac{gt^2}{2}$, отложенному по вертикальной линии.

Диагональ OM, соединяющая точку O выстрела с точкой M, будет как по направлению, так и по величине являться наклонной дальностью D_c; угол MoX будет углом места цели ε, а угол mOM — углом прицеливания α.

Решая треугольник OMm на основании теоремы тригонометрии о пропорциональности сторон треугольника синусам противолежащих сторон, будем иметь:

$$\frac{mM}{\sin \angle mOM} = \frac{Om}{\sin \angle mMO} = \frac{OM}{\sin \angle OmM}$$

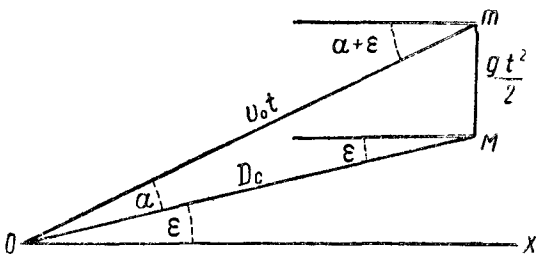


Рис. 16. Схема полета пули в безвоздушном пространстве

и, имея в виду, что по построению:

$\angle mOM = \alpha$,
$\angle mMO = 90^\circ + \varepsilon$,
$\angle OmM = 90^\circ - (\alpha + \varepsilon)$;

сторона $mM = \frac{gt^2}{2}$,
„ $OM = D_c$,
„ $Om = v_0t$,

будем иметь:

$$\frac{\frac{1}{2}gt^2}{\sin \alpha} = \frac{v_0t}{\cos \varepsilon} = \frac{D_c}{\cos(\alpha + \varepsilon)}.$$

Из равенства первых двух отношений имеем:

$$t = \frac{\sin \alpha}{\cos \varepsilon} \cdot \frac{2v_0}{g} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Из равенства вторых двух отношений имеем:

$$D_c = \frac{v_0t \cos(\alpha + \varepsilon)}{\cos \varepsilon},$$

или, подставляя из формулы (2) значение t, получаем:

$$D_c = \frac{2 \sin \alpha \cdot \cos(\alpha + \varepsilon)}{\cos^2 \varepsilon} \cdot \frac{v_0^2}{g}.$$

Последнее соотношение можно переписать, имея в виду тригонометрическое тождество:

$$2\sin\alpha\cos(\alpha+\varepsilon)=\sin(2\alpha+\varepsilon)-\sin\varepsilon.$$

Таким образом,

$$D_c=\frac{\sin(2\alpha+\varepsilon)-\sin\varepsilon}{\cos^2\varepsilon}\cdot\frac{v_0^2}{g} \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

Это есть искомая формула для дальности D_c. Она показывает, что D_c достигает своего наибольшего значения при таком угле прицеливания α_{max}, для которого $\sin(2\alpha_{max}+\varepsilon)$ обращается в максимум, т. е. при $\sin(2\alpha_{max}+\varepsilon)=1$, откуда

$$2\alpha_{max}+\varepsilon=90^\circ,$$

или

$$\alpha_{max}=\frac{90^\circ-\varepsilon}{2}=45^\circ-\frac{\varepsilon}{2} \quad \ldots\ldots\ldots (4)$$

Соответственно этому

$$D_{c\,max}=\frac{1-\sin\varepsilon}{\cos^2\varepsilon}\cdot\frac{v_0^2}{g}=\frac{1-\sin\varepsilon}{1-\sin^2\varepsilon}\cdot\frac{v_0^2}{g}.$$

Сокращая числитель и знаменатель правой части на $(1-\sin\varepsilon)$, получим

$$D_{c\,max}=\frac{v_0^2}{g(1+\sin\varepsilon)} \quad \ldots\ldots\ldots (5)$$

Для вывода формулы зависимости угла прицеливания α_c для данной дистанции от любого угла места цели ε и от угла прицеливания α_0 для той же дистанции при угле места цели $\varepsilon=0$ определим из формулы (3) величину горизонтальной дальности при $\varepsilon=0^\circ$:

$$D_0=\frac{\sin(2\alpha_0+0)-\sin 0^\circ}{\cos^2 0^\circ}\cdot\frac{v^2}{g}=\frac{v^2\sin 2\alpha_0}{g}.$$

Приняв $D_0=D_c$, [формула (3)], получаем:

$$\frac{v^2}{g}\sin 2\alpha_0=\frac{\sin 2(\alpha_c+\varepsilon)-\sin\varepsilon}{\cos^2\varepsilon}\cdot\frac{v^2}{g},$$

откуда

$$\sin(2\alpha_c+\varepsilon)=\sin 2\alpha_0\cos^2\varepsilon+\sin\varepsilon \quad \ldots\ldots (6)$$

Эта формула и дает зависимость между α_0 и α_c.

Равенство (4) показывает, что для получения наибольшей дальности D_{max} при угле места цели ε необходимо произвести выстрел под таким углом бросания α_{max}, чтобы линия выстрела делила пополам угол, дополнительный до 90° к углу места цели (рис. 17).

Наклонные дальности настильной и навесной траекторий, у которых линии выстрелов отклонены от линии выстрела траектории предельной дальности на равные углы, равны.

Действительно, подставляя в формулу (3) $2\alpha = 2\alpha_{max} \pm \Delta = 90° - \varepsilon \pm \Delta$, мы получаем:

$$D_c = \frac{\sin(90° - \varepsilon \pm \Delta + \varepsilon) - \sin\varepsilon}{\cos^2\varepsilon} \cdot \frac{v_0}{g} = \frac{\sin(90° \pm \Delta) - \sin\varepsilon}{\cos^2\varepsilon} \cdot \frac{v_0^2}{g},$$

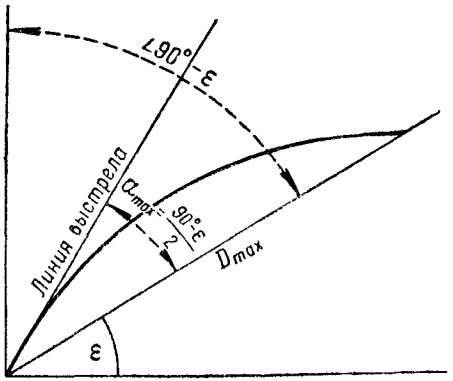


Рис. 17. Построение угла бросания для максимальной дальности

т. е. величину для обоих знаков при Δ равную, так как:

$$\sin(90° + \Delta) = \sin(90° - \Delta).$$

Такие две траектории будем называть сопряженными траекториями.

Угол, образуемый линией выстрела навесной сопряженной траектории с осью Y, равен углу α прицеливания (точнее бросания) сопряженной настильной траектории, т. е. $YOT = \alpha$ (рис. 18). Действительно, углы прицеливания сопряженных траекторий равны: для настильной $\alpha = \alpha_{max} - \Delta = \frac{90° - \varepsilon}{2} - \Delta$, для навесной $\alpha_2 = \alpha_{max} + \Delta = \frac{90° - \varepsilon}{2} + \Delta$, и угол возвышения для навесной стрельбы равен $\varepsilon + \frac{90° - \varepsilon}{2} + \Delta$, дополнительный угол до 90° для этого угла возвышения равен

$$\angle YOT = 90° - (\varepsilon + \frac{90° - \varepsilon}{2} + \Delta) = \frac{90° - \varepsilon}{2} - \Delta = \alpha,$$

т. е. углу прицеливания сопряженной настильной траектории.

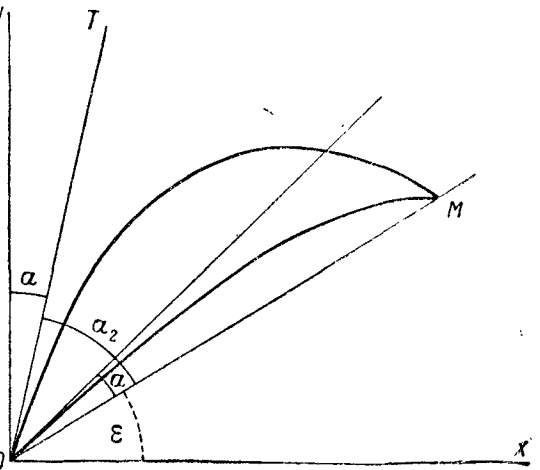


Рис. 18. Дополнительный угол к углу возвышения навесной траектории равен углу прицеливания сопряженной настильной траектории

Имея в виду указанное свойство траекторий (сопряженных), зададимся каким-либо углом α и построим для угла возвышения $(90° - \alpha)$ навесную траекторию OmM_0, которая будет, как и всякая другая траектория в безвоздушном пространстве, пара-

болой с вершиной в точке m и с осью симметрии mn, параллельной оси Y (рис. 19).

Пересечем эту параболу рядом настильных траекторий OM_0, OM_1, OM_2... и рассмотрим углы прицеливания, соответствующие точкам M_0, M_1, M_2... Так как каждую из последних траекторий можно рассматривать как сопряженную с навесной траекторией OmM_0, то на основании доказанного эти углы прицеливания равны углу α; следовательно, все они равны между собой. Отложим вправо от касательной OT к параболе OmM_0 в точке O угол α и проведем прямую ON. Нетрудно видеть, что точка N лежит на нисходящей ветви параболы и есть наивысшая точка, через которую можно провести настильную траекторию с углом прицеливания α. Последней траекторией в этом случае будет сама парабола OmM_0. Если мы возьмем точку N_1, левее N, то соответствующий угол прицеливания α_1 будет меньше α. Это значит, что при угле прицеливания α точка N_1 может быть пройдена лишь навесной траекторией, как это показано пунктиром.

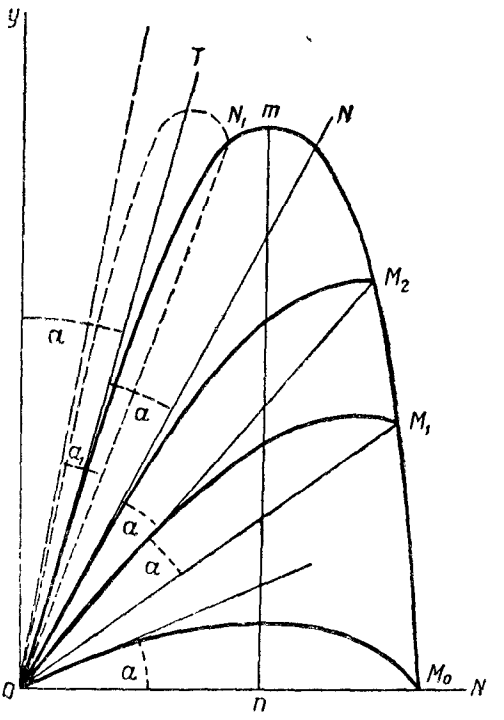


Рис. 19. Траектория в безвоздушном пространстве — парабола

Поэтому, если отбросить часть навесной траектории от точки O до точки N, то относительно участка NM_0 можем высказать следующее:

Между точками M_0N всякая навесная траектория есть геометрическое место точек, поражаемых настильными траекториями под постоянным углом прицеливания.

Определение углов прицеливания в воздушном пространстве

Вопросы, связанные с разработкой специальных зенитных средств — прицелов, оружия, правил стрельбы и т. д., требуют основательного знания всех элементов траектории в воздухе в любой ее точке: скорости пули в этой точке, наклона касательной к горизонту и линии цели, времени полета пули, даль-

ности по горизонту и по линии цели. Эта важная задача обычно решается по балистическим формулам.

Наиболее точным методом для расчета траекторий надо считать метод „Численного интегрирования основных уравнений внешней балистики". Однако, несмотря на относительную простоту, работа вычисления по точкам траекторий для стрельбы под большими углами возвышения является кропотливой и длительной, требующей навыков. Поэтому можно прибегнуть к вычислениям по приближенным формулам инженера Лендера, Бургсдорфа и Гуина (Burgsdorf et Guin) и Роне.

Инженер Лендер основывает свой принцип на применении балистических формул (3), выведенных для безвоздушного пространства, к полету пули под большими углами возвышения в воздушном пространстве, так как зависимость между элементами траектории остается почти одной и той же для воздушного и безвоздушного пространств. Поэтому, взяв за исходные данные таблицы наземной стрельбы, мы имеем возможность высчитать по ним элементы навесных траекторий в воздухе.

Следовательно, для изучения внешней балистики необходимо предварительно изучить законы полета пули в безвоздушном пространстве.

Следующее рассуждение, заимствованное у Лендера[1], это подтверждает:

„Предположим, что безвоздушное пространство, в котором был произведен выстрел, постепенно наполняется воздухом и что этот процесс продолжается до тех пор, пока плотность среды не сделалась равной атмосферной. По мере этого уплотнения сопротивление воздуха на летящий снаряд будет непрерывно возрастать, вследствие чего дальность полета будет все больше и больше сокращаться.

Напрашивается следующая гипотеза, управляющая этим сокращением проходимых пулей пространств.

По мере увеличения плотности атмосферы и соответствующего сопротивления воздуха на летящий снаряд одинаковые дальности D_ε уменьшаются в одинаковой степени по всем направлениям, т. е. под всеми углами места цели ε между 0° и 90°.

Бургсдорф и Гуин основывают свой принцип на неизменяемости величины понижения снаряда под линией выстрела для одних и тех же осевых расстояний при любых углах места цели.

Роне — на вращении нулевой прицельной линии около основания прицела на угол места цели, при условии неизменяемости высоты прицела и его вертикального положения.

Обоснование и вывод формул для всех случаев изложены ниже.

Пример. В воздухе средняя наибольшая дальность по горизонту из ряда теоретических и опытных данных получается при угле бросания 35 — 40°

[1] Ф. Ф. Лендер, Теоретический курс стрельбы по воздушному флоту, стр. 56.

и при 45° в безвоздушном пространстве. Изменения угла возвышения на 5 — 10° от угла, отвечающего предельной дальности в безвоздушном пространстве, влекут за собой небольшие изменения последней.

Если обратиться к графику (рис. 20), то увидим, что для легкой пули при углах 45° и 36° дальность изменится на 200 *м*, для тяжелой пули при углах 45° и 30° — на 400 *м*.

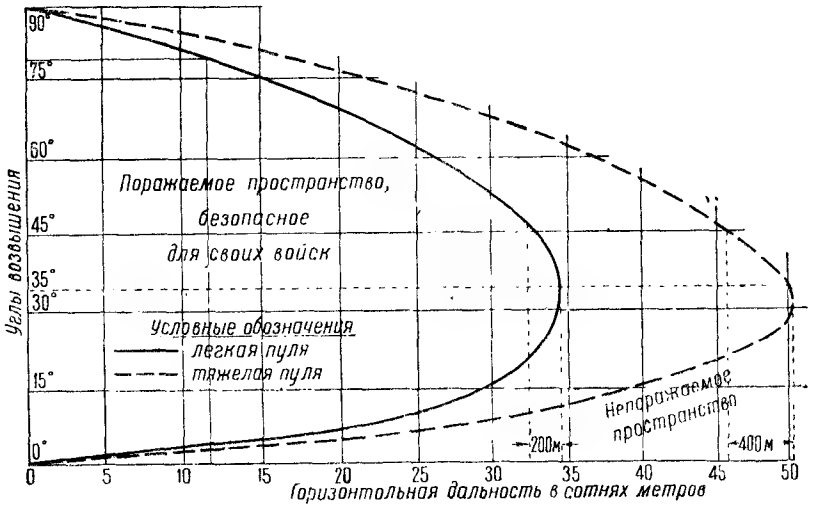


Рис. 20. График зависимости дальностей по горизонту от углов возвышения для пуль обр. 1908 и 1930 гг.

Другим и еще более веским доказательством приемлемости для воздушного пространства метода изучения балистических свойств пули в безвоздушном пространстве должно послужить сравнение данных, полученных по приближенным методам, с данными, вычисленными по точкам при помощи балистических формул, что сделано ниже.

Обоснование и вывод приближенных формул

1. Вращение траектории по способу Бургсдорфа и Гуина. Принцип состоит в следующем. Дана настильная горизонтальная траектория OM с углом прицеливания α_0 (рис. 21).

Понижение пули $A_1M_1 = f$ и осевое расстояние $OA_1 = a$ определятся из треугольника A_1OM:

$$f = D_0 \operatorname{tg} \alpha_0 \text{ и } a = \frac{D_0}{\cos \alpha_0}.$$

Представим себе теперь, что ломаная линия OA_1M_1 обладает свойством стержней, связанных шарнирами в точках O и A_1. Будем вращать эту систему кверху около начала O, соблюдая перпендикулярность отрезка A_1M_1 к горизонту OM_1.

Это вращение продолжим до тех пор, пока точка M достигнет наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол места цели ε.

Тогда расстояние $OM = D_c$ представит дальность цели в точке M, поражаемой траекторией, у которой угол возвышения равен $(\varepsilon + \alpha_c)$, а угол прицеливания будет α_c.

Таким образом, угол α_c и дальность D_c определяются как результат указанного „вращения" через угол прицеливания на горизонте α_0 и соответственную горизонтальную дальность D_0.

Величины α_c и D_c определяются через $\angle\alpha_0$ и D_0 следующим образом:

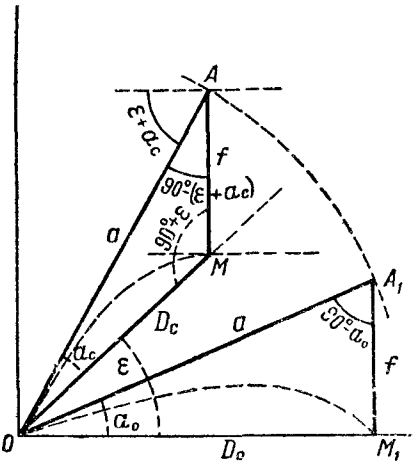


Рис. 21. Вращение траектории по способу Бургсдорфа и Гуина

Из прямоугольного треугольника OM_1A_1 имеем:

$$\frac{D_0}{\sin(90^\circ - \alpha_0)} = \frac{f}{\sin\alpha_0} = \frac{a}{\sin 90^\circ}$$

или

$$\frac{D_0}{\cos\alpha_0} = \frac{f}{\sin\alpha_0} = a,$$

а из треугольника OMA имеем:

$$\frac{D_c}{\sin[90^\circ - (\varepsilon + \alpha_c)]} = \frac{f}{\sin\alpha_c} = \frac{a}{\sin(90 + \varepsilon)}$$

или

$$\frac{D_c}{\cos(\varepsilon + \alpha_c)} = \frac{f}{\sin\alpha_c} = \frac{a}{\cos\varepsilon}.$$

Разрешая эти два уравнения относительно угла α_c и дальности D_c, получаем:

$$\sin\alpha_c = \sin\alpha_0 \cos\varepsilon \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

$$D_c = D_0 \frac{\cos(\varepsilon + \alpha_0)\operatorname{tg}\alpha_0}{\sin\alpha_c} \quad \ldots\ldots\ldots (8)$$

При установлении этого метода автор исходил из следующих соображений.

Траектория OM проходится пулей в течение времени t секунд, причем снаряд находится под одновременным воздействием двух сил: сопротивления воздуха и силы тяжести.

Та же точка M могла бы быть достигнута пулей, если бы на нее указанные силы действовали порознь, каждая в течение t секунд.

Если проделать вычисления для некоторого значительного числа углов местности и углов прицеливания α_0, то обнаружится следующее:

а) ошибка в дальности быстро возрастает с возрастанием угла прицеливания, т. е. с дальностью;

б) то же свойство, но еще в большей степени, показывают ошибки при определении высот траектории;

в) при равных углах прицеливания ошибка больше при большем угле места цели;

г) по абсолютной величине ошибки не выходят, однако, за пределы, практически недопустимые, в особенности при пулеметной стрельбе.

2. Вращение траектории по способу Роне (рис. 22). Способ этот заключается в следующем:

Пусть OM_0 представляет длину нулевой прицельной линии обыкновенного прицела (например пулеметного или ружейного), $OЦ$ — высоту прицела, соответствующего данной дальности, отвечающей углу прицеливания α_0 при стрельбе по горизонту. Точки $Ц$ и M_0 представляют, следовательно, целик и мушку, а прямая $ЦM_0$ — прицельную линию. Угол $ЦOM_0$ равен 90°, как это обыкновенно бывает в подобных прицелах.

Если цель находится не на горизонте, а усматривается под углом ε, то вращаем отрезок OM_0 вверх около начала O до тех пор, пока мушка M_0 не придет на прямую OM, наклонную к горизонту под углом ε, — в точку M.

Во время этого вращения стебель прицела $OЦ$ сохраняет неизменно свое вертикальное положение и высоту h. Вследствие этого новая линия прицеливания изобразится прямой $ЦM$, а угол прицеливания α_c углом $OMЦ$.

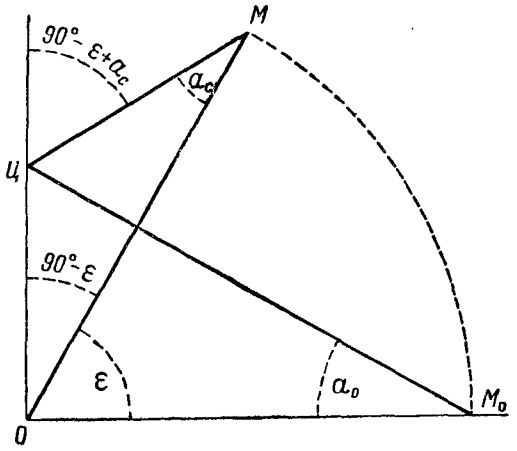


Рис. 22. Вращение траектории по способу Роне

Данное построение показывает, что „вращение" траектории по этому способу легко осуществимо механически, и на этом принципе строят зенитно-пулеметные прицелы, например Пейкрю — с подвешенным передним визиром.

Соотношение между углами α_c и α_0 найдем из треугольников $OЦM_0$ и $OЦM$, из которых имеем:

$$\frac{OM_0}{\cos \alpha_0} = \frac{OЦ}{\sin \alpha_0}$$

и

$$\frac{OM}{\sin (90^\circ - \varepsilon + \alpha_c)} = \frac{OЦ}{\sin \alpha_c}.$$

Решая эти два уравнения, приняв во внимание, что $OM_0 = OM$ по построению, получаем:

$$\operatorname{tg} \alpha_c = \frac{\cos \varepsilon}{1 - \operatorname{tg} \alpha_0 \sin \varepsilon} \cdot \operatorname{tg} \alpha_0 \quad \ldots \ldots \ldots \quad (9)$$

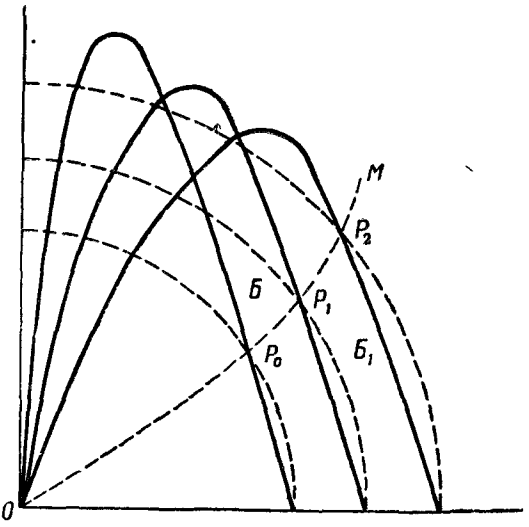
Проверка формулы Роне в отношении ее приемлемости дала благоприятные результаты.

Поэтому способ Роне заслуживает полного внимания, в особенности если принять в расчет его механическую осуществимость в прицелах.

3. Вычисление траектории по способу Лендера. Лендер обосновывает предлагаемый им способ главным образом на соображении, что по мере увеличения плотности атмосферы и соответствующего сопротивления воздуха на летящий снаряд (пулю) одинаковые дальности D_c уменьшаются в одинаковой степени под всеми углами места цели между 0° и 90°, т. е. что основная зависимость между углами α_c, ε и α_0 для безвоздушного пространства по формуле (6):

$$\sin(2\alpha_c + \varepsilon) = \sin 2\alpha_0 \cdot \cos^2 \varepsilon + \sin \varepsilon$$

сохраняется с достаточной для практики точностью и для воздушного пространства.



Р и с. 23. Граница обстреливаемых пространств, с углами прицеливания $\angle \alpha_c$ меньше и больше $\angle \alpha_0$

Применимость настоящего равенства к воздушной среде может быть обоснована еще следующим соображением. Действительное воздушное пространство должно обнаруживать в общих чертах те же свойства, что и пространство безвоздушное, т. е. в нем, как и в последнем, должны существовать две зоны—$Б_{10}$, ближайшая к горизонту, в которой при равных дальностях D_c угол прицеливания α_c меньше соответственного угла прицеливания α_0 на горизонте, и следующая $Б$, более удаленная, в которой при одинаковом D_c угол прицеливания $\alpha_c > \alpha_0$. Эти зоны разделяются кривой, для точек которой углы α_c и α_0 равны между собой (рис. 23).

По сравнению с безвоздушным пространством отличие будет заключаться главным образом в величине проходимых пулей пространств.

Кроме того, можно допустить, что и самый вид кривой P_0, P_1, P_2 (рис. 23), разделяющей обстреливаемое пространство на две зоны, будет в обоих случаях несколько отличен (см. стр. 39).

Балистические свойства пули наилучшим способом характеризуются таблицами элементов траекторий. При внимательном

рассмотрении изменения элементов можно понять все особенности стрельбы. Эти особенности и составляют тот ценный практический материал, на котором покоится разработка правил стрельбы, конструирование технических средств (прицелов, оружия, установки и вспомогательных приборов), в силу чего мы и прилагаем значительное количество готовых таблиц. Каждому командиру для более глубокого понимания законов и зависимостей элементов стрельбы необходимо знать, как составляются таблицы стрельбы.

Выше мы уже обращали внимание на то, что определение элементов траектории по балистическим формулам связано с довольно сложными вычислениями, требующими знания высшей математики, причем точность результатов зависит еще и от правильности выбора постоянных коэфициентов, получаемых из практики.

В настоящем труде мы обходим эти затруднения, давая упрощенные методы и используя приближенные формулы, требующие лишь знания элементарной математики: алгебры, геометрии и тригонометрии.

Из всех приведенных методов вращения наиболее точные результаты дает метод инженера Лендера, в особенности для больших дистанций и углов места цели. Следующим по точности следует признать способ Роне, который интересен тем, что дает возможность легко его использовать для построения зенитных прицелов.

Способ Бургсдорфа и Гуина дает меньшую точность, чем предшествующие два, в особенности для больших дистанций, но интересен своей простотой и использован в дистанционных кольцевых прицелах, давая вполне достаточную точность для пулеметных дистанций.

Для проверки точности приближенных формул вычислим по ним углы прицеливания для нескольких характерных дистанций и углов места цели и сравним их с данными в таблицах 1 и 2 (см. в конце книги), вычисленными по точным балистическим формулам для легкой и тяжелой пуль.

Возьмем дистанции 500, 1 000 и 1 500 *м* и углы места цели 30°, 45° и 60°.

Для этих данных из таблиц будем иметь следующие углы прицеливания:

D_c в *м* \ ε	Легкая пуля				Тяжелая пуля			
	0°	30°	45°	60°	0°	30°	45°	60°
500	19′	15′	11′	7′	19′	15′	11′	7′
1 000	59′	50′	39′	26′	53′	44′	34′	23′
1 500	2°13′	1°51′	1°28′	1°	1°51′	1°32′	1°14′	50′

1. По формуле (7) Бургсдорфа и Гуина:

$$\sin \alpha_c = \sin \alpha_0 \cos \varepsilon.$$

Для легкой пули — Для тяжелой пули

Дистанция 500 *м*

$\varepsilon = 30^\circ$

$$\sin \alpha_{5c}^{30} = \sin 19' \cos 30^\circ;$$

$$\lg \sin \alpha_{5c}^{30} = + \left| \begin{matrix} \lg \sin 19' \\ \lg \cos 30^\circ \end{matrix} \right| = + \left| \begin{matrix} 7{,}74248 \\ 9{,}93753 \end{matrix} \right| \overline{7{,}68001}$$

$$\alpha_{5c}^{30} = 16'28''.$$

По табл. 1 и 2 углы прицеливания для $\varepsilon = 0$ одинаковые с углами прицеливания легкой пули.

$\alpha_{5c}^{30} = 16'28''.$

$\varepsilon = 45^\circ$

$$\sin \alpha_{5c}^{45} = \sin 19' \cos 45^\circ,$$

$$\lg \sin \alpha_{5c}^{45} = + \left| \begin{matrix} \lg \sin 19' \\ \lg \cos 45^\circ \end{matrix} \right| = + \left| \begin{matrix} 7{,}74248 \\ 9{,}84949 \end{matrix} \right| \overline{7{,}59197}$$

$\alpha_{5c}^{45} = 13'27''.$

$$\alpha_{5c}^{45} = 13'27''.$$

$\varepsilon = 60^\circ$

$$\sin \alpha_{5c}^{60} = \sin 19' \cos 60^\circ,$$

$$\lg \sin \alpha_{5c}^{60} = + \left| \begin{matrix} \lg \sin 19' \\ \lg \cos 60^\circ \end{matrix} \right| = + \left| \begin{matrix} 7{,}74248 \\ 9{,}69897 \end{matrix} \right| \overline{7{,}44145}$$

$\alpha_{5c}^{60} = 9'30''.$

$$\alpha_{5c}^{60} = 9'30''.$$

Дистанция 1 000 *м*

$\varepsilon = 30^\circ$

$$\sin \alpha_{10c}^{30} = \sin 59' \cos 30^\circ,$$

$$\alpha_{10c}^{30} = 51'6''.$$

$$\sin \alpha_{10c}^{30} = \sin 53' \cos 30^\circ,$$

$$\alpha_{10c}^{30} = 46'58''.$$

$\varepsilon = 45^\circ$

$$\sin \alpha_{10c}^{45} = \sin 59' \cos 45^\circ,$$

$$\alpha_{10c}^{45} = 41'43''.$$

$$\sin \alpha_{10c}^{45} = \sin 44' \cos 45^\circ,$$

$$\alpha_{10c}^{45} = 37'29''.$$

$\varepsilon = 60^\circ$

$$\sin \alpha_{10c}^{60} = \sin 59' \cos 60^\circ,$$

$$\alpha_{10c}^{60} = 29'24''.$$

$$\sin \alpha_{10c}^{60} = \sin 44' \cos 60^\circ,$$

$$\alpha_{10c}^{60} = 26'30''.$$

Дистанция 1 500 *м*

$\varepsilon = 30°$

$\sin \alpha_{15c}^{30} = \sin\ 2°13'\ \cos\ 30°,$ $\quad \sin \alpha_{15c}^{30} = \sin\ 1°51'\cos\ 30°,$

$\alpha_{15c}^{30} = 1°55'9''.$ $\quad \alpha_{15c}^{30} = 1°36'7''.$

$\varepsilon = 45°$

$\sin \alpha_{15c}^{45} = \sin\ 2°13'\ \cos\ 45°,$ $\quad \sin \alpha_{15c}^{45} = \sin\ 1°51'\cos\ 45°,$

$\alpha_{15c}^{45} = 1°34'2''.$ $\quad \alpha_{15c}^{45} = 1°18'30''.$

$\varepsilon = 60°$

$\sin \alpha_{15c}^{60} = \sin 2°13'\ \cos\ 60°,$ $\quad \sin\ \alpha_{15c}^{60} = \sin 1°51'\ \cos\ 60°,$

$\alpha_{15c}^{60} = 1°6'30''.$ $\quad \alpha_{15c}^{60} = 55'30''.$

2. По формуле (9) Роне:

$$\operatorname{tg}\alpha_c = \frac{\cos\varepsilon}{1 - \operatorname{tg}\alpha \sin\varepsilon} \cdot \operatorname{tg}\alpha_0.$$

Для легкой пули Для тяжелой пули

Дистанция 500 *м*

$\varepsilon = 30°$

$$\operatorname{tg}\alpha_{5c}^{30} = \frac{\cos 30°}{1 - \operatorname{tg} 19' \sin 30°} \cdot \operatorname{tg}\ 19',$$

$$\lg \operatorname{tg}\alpha_{5c}^{30} = + \left|\begin{matrix} \lg \cos 30° \\ \lg \operatorname{tg}\ 19' \\ \text{Доп. } \lg (1 - \operatorname{tg} 19' \sin 30°) \end{matrix}\right| =$$

$$= + \left|\begin{matrix} 9{,}93753 \\ 7{,}74248 \\ 0{,}00121 \end{matrix}\right|$$

$$\overline{7{,}68122}$$

$\alpha_{5c}^{30} = 16'30''.$

$$\left|\begin{matrix} \lg\ 1 \\ \text{Доп. } \lg \operatorname{tg}\ 19' \\ \text{Доп. } \lg \sin 30° \end{matrix}\right| = + \left|\begin{matrix} 0 \\ 2{,}25752 \\ 0{,}30103 \end{matrix}\right|$$

$$\overline{2{,}55855}$$

$\lg$ вычитания $= 0{,}00122$

$\lg\ (1 - \operatorname{tg} 19' \sin 30°) = \overline{1}{,}99879$

$\alpha_{5c}^{30} = 16'30''.$

$\varepsilon = 45°;$

$$\operatorname{tg}\alpha_{5c}^{45} = \frac{\cos 45° \cdot \operatorname{tg}\ 19'}{1 - \operatorname{tg} 19' \sin 45°}$$

$$\lg \operatorname{tg} \alpha_{5c}^{45} = + \begin{vmatrix} \lg \cos 45^\circ \\ \text{Доп. } \lg \operatorname{tg} 19' \\ \text{Доп. } \lg (1 - \operatorname{tg} 19' \sin 45^\circ) \end{vmatrix} = +$$

$$= + \begin{vmatrix} 9{,}84949 \\ 7{,}74248 \\ 0{,}00173 \end{vmatrix} \qquad \alpha_{5c}^{45} = 13'30''.$$

$$7{,}59370$$

$$\begin{vmatrix} \lg 1 \\ \text{Доп. } \lg \operatorname{tg} 19' \\ \text{Доп. } \lg \sin 45^\circ \end{vmatrix} = + \begin{vmatrix} 0 \\ 2{,}25752 \\ 0{,}15051 \end{vmatrix}$$

$$2{,}40803$$

$\lg$ вычитания $= 0{,}00173$

$\lg (1 - \operatorname{tg} 19' \sin 45^\circ) = 9{,}99827.$

$\varepsilon = 60^\circ$

$$\operatorname{tg} \alpha_{5c}^{60} = \frac{\cos 60^\circ \operatorname{tg} 19'}{1 - \operatorname{tg} 19' \sin 60^\circ},$$

$$\lg \operatorname{tg} \alpha_{5c}^{60} = + \begin{vmatrix} \lg \cos 60^\circ \\ \lg \operatorname{tg} 19' \\ \text{Доп. } \lg (1 - \operatorname{tg} 19' \sin 60^\circ) \end{vmatrix} =$$

$$= + \begin{vmatrix} 9{,}69897 \\ 7{,}74248 \\ 0{,}00208 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \lg 1 \\ \text{Доп. } \lg \operatorname{tg} 19' \\ \text{Доп. } \lg \sin 60^\circ \end{vmatrix} =$$

$$7{,}44353 \qquad \alpha_{5c}^{60} = 9'33''.$$

$$= + \begin{vmatrix} 0 \\ 2{,}25752 \\ 0{,}06247 \end{vmatrix}$$

$$2{,}31999$$

$\lg$ вычитания $= 0{,}00208,$

$\lg (1 - \operatorname{tg} 19' \sin 60^\circ) = \bar{1}{,}99792,$

$\alpha_{5c}^{60} = 9'33''.$

Дистанция 1 000 *м*

$\varepsilon = 30^\circ$

$$\operatorname{tg} \alpha_{10c}^{30} = \frac{\cos 30^\circ \operatorname{tg} 59'}{1 - \operatorname{tg} 59' \sin 30^\circ}, \qquad \operatorname{tg} \alpha_{10c}^{30} = \frac{\cos 30^\circ \operatorname{tg} 53'}{1 - \operatorname{tg} 53' \sin 30^\circ},$$

$\alpha_{10c}^{30} = 51'33''.$ $\qquad$ $\alpha_{10c}^{30} = 46'15''.$

$\varepsilon = 45^\circ$

$$\operatorname{tg} \alpha_{10c}^{45} = \frac{\cos 45^\circ \operatorname{tg} 59'}{1 - \operatorname{tg} 59' \sin 45^\circ}, \qquad \operatorname{tg} \alpha_{10c}^{45} = \frac{\cos 45^\circ \operatorname{tg} 53'}{1 - \operatorname{tg} 53' \sin 45^\circ},$$

$\alpha_{10c}^{45} = 42'10''.$ $\qquad$ $\alpha_{10c}^{45} = 37'55''.$

$\varepsilon = 60°$

$$\operatorname{tg}\alpha_{10c}^{60} = \frac{\cos 60° \operatorname{tg} 59'}{1 - \operatorname{tg} 59' \sin 60°}, \qquad \operatorname{tg}\alpha_{10c}^{60} = \frac{\cos 60° \operatorname{tg} 53'}{1 - \operatorname{tg} 53' \sin 60°},$$

$$\alpha_{10c}^{60} = 29'59''. \qquad \alpha_{10c}^{60} = 26'52''.$$

Дистанция 1 500 *м*

$\varepsilon = 30°$

$$\operatorname{tg}\alpha_{15c}^{30} = \frac{\cos 30° \operatorname{tg} 2°13'}{1 - \operatorname{tg} 2°13' \sin 30°}, \qquad \operatorname{tg}\alpha_{15c}^{30} = \frac{\cos 30° \operatorname{tg} 1°51'}{1 - \operatorname{tg} 1°51' \sin 30°},$$

$$\alpha_{15c}^{30} = 1°57'46''. \qquad \alpha_{15c}^{30} = 1°38'43''.$$

$\varepsilon = 45°$

$$\operatorname{tg}\alpha_{15c}^{45} = \frac{\cos 45° \operatorname{tg} 2°13'}{1 - \operatorname{tg} 2°13' \sin 45°}, \qquad \operatorname{tg}\alpha_{15c}^{45} = \frac{\cos 45° \operatorname{tg} 1°51'}{1 - \operatorname{tg} 1°51' \sin 45°},$$

$$\alpha_{15c}^{45} = 1°36'43''. \qquad \alpha_{15c}^{45} = 1°18'31''.$$

$\varepsilon = 60°$

$$\operatorname{tg}\alpha_{15c}^{60} = \frac{\cos 60° \operatorname{tg} 2°13'}{1 - \operatorname{tg} 2°13' \sin 60°}, \qquad \operatorname{tg}\alpha_{15c}^{60} = \frac{\cos 60° \operatorname{tg} 1°51'}{1 - \operatorname{tg} 1° 51' \sin 60°},$$

$$\alpha_{15c}^{60} = 1°8'50''. \qquad \alpha_{15c}^{60} = 57'7''.$$

3. По формуле (6) Лендера:

$$\sin(2\alpha_c + \varepsilon) = \sin 2\alpha_0 \cos^2\varepsilon + \sin\varepsilon = \sin\varepsilon\left(1 + \frac{\sin 2\alpha_0 \cos^2\varepsilon}{\sin\varepsilon}\right).$$

Для легкой пули Для тяжелой пули

Дистанция 500 *м*

$\varepsilon = 30°$

$$\sin(2\alpha_c + 30°) =$$
$$= \sin(2 \cdot 19') \cos^2 30° + \sin 30° =$$
$$= \sin 30° \left(1 + \frac{\sin 38' \cos^2 30°}{\sin 30°}\right).$$

$$\lg \sin(2\alpha_c + 30°) = \left| \begin{array}{l} \lg \sin 30° \\ \lg\left(1 + \frac{\sin 38' \cos^2 30°}{\sin 30°}\right) \end{array} \right|$$

$$= + \left| \begin{array}{l} 9{,}69897 \\ 0{,}00714 \end{array} \right|$$
$$\overline{9{,}70611}$$

$$2\alpha_c + 30^\circ = 30^\circ 33'; \quad \alpha_{5c}^{30} = 16'30''. \qquad \alpha_{5c}^{30} = 16'30''.$$

$$\lg \frac{\sin 30^\circ}{\sin 38' \cos^2 30^\circ} = + \left| \begin{array}{ll} & \lg \sin 30^\circ = \\ \text{Доп.} & \lg \sin 38' = \\ \text{Доп. } 2 & \lg \cos 30^\circ = \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} = 9{,}69897 \\ = 1{,}95650 \\ = 0{,}12494 \end{array} \right|$$

$$1{,}78041$$

$$\lg \text{ сложения} = \lg \left(1 + \frac{\sin 31' \cos^2 60^\circ}{\sin 60^\circ}\right) =$$

$$= 0{,}00714.$$

$$\underline{\varepsilon = 45^\circ}$$

$$\sin (2\alpha_c + 45^\circ) = \sin 45^\circ \left(1 + \frac{\sin 38' \cos^2 45^\circ}{\sin 45^\circ}\right),$$

$$\lg \sin (2\alpha_c + 45^\circ) =$$

$$= + \left| \begin{array}{ll} \lg \sin 45^\circ & = 9{,}84949 \\ \lg \left(1 + \frac{\sin 38' \cos^2 45^\circ}{\sin 45^\circ}\right) & = 0{,}00338 \end{array} \right|$$

$$9{,}85287$$

$$2\alpha_c + 45^\circ = 45^\circ 26'7'',$$

$$\alpha_{5c}^{45} = 13'3''. \qquad \alpha_{5c}^{45} = 13'3''.$$

$$\lg \frac{\sin 45^\circ}{\sin 38' \cos^2 45^\circ} = + \left| \begin{array}{ll} & \lg \sin 45^\circ = \\ \text{Доп.} & \lg \sin 38' = \\ \text{Доп. } 2 & \lg \cos 45^\circ = \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} = 9{,}84949 \\ = 1{,}95650 \\ = 0{,}30102 \end{array} \right|$$

$$2{,}10701$$

$$\lg \text{ сложения} = \lg \left(1 + \frac{\sin 45^\circ}{\sin 38' \cos^2 45^\circ}\right) =$$

$$= 0{,}00338.$$

$$\underline{\varepsilon = 60^\circ}$$

$$\sin (2\alpha_c + 60^\circ) = \sin 60^\circ \left(1 + \frac{\sin 38' \cos^2 60^\circ}{\sin 60^\circ}\right),$$

$$\lg \sin (2\alpha_c + 60^\circ) = \left| \begin{array}{l} \lg \sin 60^\circ \\ \lg \left(1 + \frac{\sin 38' \cos^2 60^\circ}{\sin 60^\circ}\right) \end{array} \right| =$$

$$= + \left| \begin{array}{l} 9{,}93753 \\ 0{,}00138 \end{array} \right|$$

$$9{,}93891$$

$$2\alpha_c + 60^\circ = 60^\circ 19';$$

$$\alpha_{5c}^{60} = 9'30''. \qquad \alpha_{5c}^{60} = 9'30''.$$

$$\lg \frac{\sin 60^\circ}{\sin 38' \cos^2 60^\circ} = + \left| \begin{array}{r} \lg \sin 60^\circ = \\ \text{Доп. } \lg \sin 38' = \\ \text{Доп. } 2 \lg \cos 60^\circ = \end{array} \right. \begin{array}{l} = 9{,}93753 \\ = 1{,}95650 \\ = 0{,}60206 \end{array} \Big|$$

$$2{,}49609$$

$$\lg \text{ сложения} = \lg \left(1 + \frac{\sin 38' \cos^2 60^\circ}{\sin 60^\circ}\right) =$$

$$= 0{,}00138.$$

Дистанция 1 000 *м*

$\varepsilon = 30^\circ$

$$\sin (2\alpha_c + 30^\circ) = \sin 30^\circ \left[1 + \frac{\sin (2 \cdot 59') \cos^2 30^\circ}{\sin 30^\circ}\right], \quad \alpha^{30}_{10c} = 51'33''.$$

$$\sin (2\alpha_c + 30^\circ) = \sin 30^\circ \left[\frac{\sin (2 \cdot 53') \cos^2 30^\circ}{\sin 30^\circ}\right], \quad \alpha^{30}_{10c} = 46'15'',$$

$\varepsilon = 45^\circ$

$$\sin (2\alpha_c + 45^\circ) = \sin 45^\circ \left[1 + \frac{\sin (2 \cdot 59') \cos^2 45^\circ}{\sin 45^\circ}\right], \quad \alpha^{45}_{10c} = 42'15''.$$

$$\sin (2\alpha_c + 45^\circ) = \sin 45^\circ \left[1 + \frac{\sin (2 \cdot 53') \cos^2 45^\circ}{\sin 45^\circ}\right], \quad \alpha^{45}_{10c} = 37'55''.$$

$\varepsilon = 60^\circ$

$$\sin (2\alpha_c + 60^\circ) = \sin 60^\circ \left[1 + \frac{\sin (2 \cdot 59') \cos^2 60^\circ}{\sin 60^\circ}\right], \quad \alpha^{60}_{10c} = 29'55''.$$

$$\sin (2\alpha_c + 60^\circ) = \sin 60^\circ \left[1 + \frac{\sin (2 \cdot 53') \cos^2 60^\circ}{\sin 60^\circ}\right], \quad \alpha^{60}_{10c} = 26'46''.$$

Дистанция 1 500 *м*

$\varepsilon = 30^\circ$

$$\sin (2\alpha_c + 30^\circ) = \sin 30^\circ \left[1 + \frac{\sin (2 \cdot 2^\circ 13') \cos^2 30^\circ}{\sin 30^\circ}\right], \quad \alpha^{30}_{15c} = 1^\circ 57'30''.$$

$$\sin (2\alpha_c + 30^\circ) = \sin 30^\circ \left[1 + \frac{\sin (2 \cdot 1^\circ 51') \cos^2 30^\circ}{\sin 30^\circ}\right], \quad \alpha^{30}_{15c} = 1^\circ 37'43'',$$

$\varepsilon = 45^\circ$

$$\sin (2\alpha_c + 45^\circ) = \sin 45^\circ \left[1 + \frac{\sin (2 \cdot 2^\circ 13') \cos^2 45^\circ}{\sin 45^\circ}\right], \quad \alpha^{45}_{15c} = 1^\circ 36'45''.$$

$$\sin (2\alpha_c + 45^\circ) = \sin 45^\circ \left[1 + \frac{\sin (2 \cdot 1^\circ 51') \cos^2 45^\circ}{\sin 45^\circ}\right], \quad \alpha^{45}_{15c} = 1^\circ 20'22''.$$

$\varepsilon = 60°$

$$\sin(2\alpha_c + 60°) = \sin 60° \left[1 + \frac{\sin(2 \cdot 2°13') \cos^2 60°}{\sin 60°}\right], \qquad \alpha_{15c}^{60} = 1°8'46''.$$

$$\sin(2\alpha_c + 60°) = \sin 60° \left[1 + \frac{\sin(2 \cdot 1°51') \cos^2 60°}{\sin 60°}\right], \qquad \alpha_{15c}^{60} = 0°57'.$$

Выше был показан общий ход вычислений по приближенным формулам, которыми следует пользоваться при самостоятельном вычислении и которыми мы пользовались при составлении таблиц, приведенных в конце книги.

Для сравнения полученных результатов сведем их в общую таблицу:

Способ вычисления	ε / Д в м	Легкая пуля				Тяжелая пуля				Примечание
		0	30°	45°	60°	0	30°	45°	60°	
Офиц. табл. 1939 г. . .	500	19′	15′	11′	7′	19′	15′	11′	7′	Вычисленные величины углов округлены с точностью до $^1/_2{}'$
По Бургсдорфу	—	—	16′	13′	9′	—	16′	13′	9′	
По Роне . .	—	—	16′	13′	9′	—	16′	13′	9′	
По Лендеру .	—	—	16′	13′	9′	—	16′	13′	9′	
Офиц. табл. 1939 г. . .	1 000	59′	50′	39′	26′	53′	44′	34′	23′	
По Бургсдорфу	—	—	51′	42′	29′	—	47′	37′	27′	
По Роне . .	—	—	52′	42′	30′	—	46′	38′	27′	
По Лендеру .	—	—	52′	42′	30′	—	46′	38′	27′	
Офиц. табл. 1939 г. . .	1 500	2°13′	1°51′	1°28′	1°	1°51′	1°32′	1°14′	50′	
По Бургсдорфу	—	—	1°55′	1°34′	1° 6′	—	1°36′	1°18′	55′	
По Роне . .	—	—	1°58′	1°37′	1° 9′	—	1°39′	1°19′	57′	
По Лендеру .	—	—	1°58′	1°37′	1° 9′	—	1°38′	1°20′	57′	

Из рассмотрения этой таблицы видим, что все три способа приближенного вычисления дают для дистанций пулеметного зенитного огня данные, отличающиеся друг от друга лишь в секундах, т. е. практически имеют одинаковую точность. Сравнивая вычисленные данные с данными официальных табл. 1 и 2, видим, что последние несколько меньше вычисленных, причем для 500 *м* максимальное расхождение — на 2′, что выра-

зится в подъеме траектории у цели на 1 *см*, и для 1 500 *м* — на 9′, что выразится в подъеме траектории у цели меньше 4 *см*. Несомненно, что такие малые величины практически не влияют на надежность поражения цели (самолета), а также не будут иметь значения для научно-исследовательских изысканий.

Изодистанционные кривые

(Построение кривых зависимости: углов прицеливания — α, углов места цели — ε и дальности по линии цели — D_c)

Комбинируя эти зависимые величины, можно получить следующие таблицы справочного характера:

1. Если взять за постоянные величины наклонные дальности D_c и за переменную независимую угол места цели ε, то переменной зависимой будут углы прицеливания α_c.

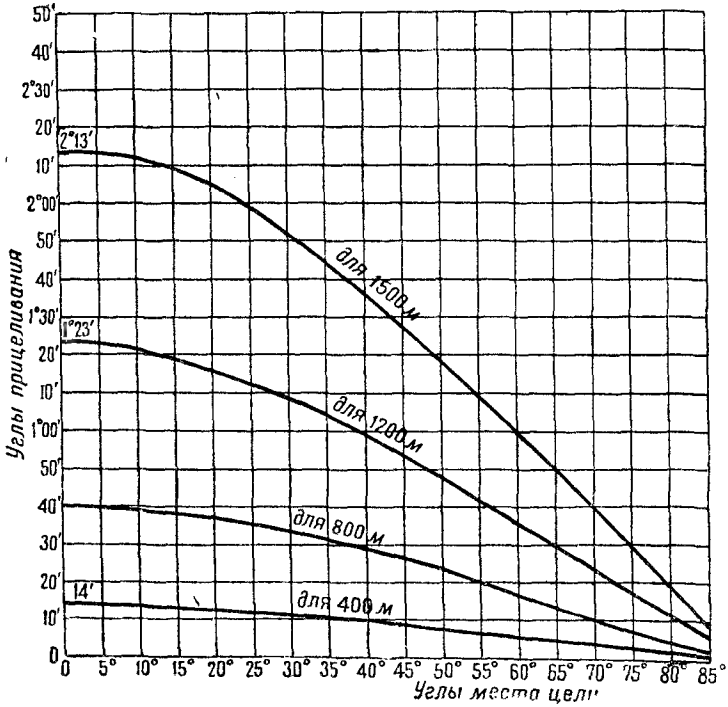


Рис. 24. Изменение углов прицеливания для одинаковых дальностей для легкой пули

Если изобразить полученные вычислением данные графически, откладывая по оси абсцисс углы места цели ε и по оси ординат углы прицеливания α_c, то получим кривые углов прицеливания для постоянных дальностей, которые принято называть изодистанционными кривыми, характер их изображен на графике (рис. 24). На основе этого графика разработаны конструкции зенитных артиллерийских прицелов.

2. Беря за постоянную величину угол α, за переменную независимую угол ε и переменную зависимую D_c, получим кривые дальностей равных углов прицеливания.

3. Беря за постоянную величину угол ε, переменную независимую D_c, зависимую — угол α_c, получим кривые углов места цели.

Вычисление таблиц производится, как выше было показано, непосредственной подстановкой в формулы постоянной величины и значений независимой переменной.

Подобными вычислениями нами составлены по формуле Лендера таблица 3 для легкой пули обр. 1908 г. и таблица 4 для тяжелой пули обр. 1930 г. (см. в конце книги). При составлении этих таблиц за исходные величины приняты углы прицеливания α_0 для угла места цели, равного нулю, помещенные в таблицах стрельбы по наземным целям изд. 1938 г., в которых углы вылета для пулемета Максима на станке Соколова приняты в —6′ и —7′, тогда как в зенитных таблицах изд. 1939 г., для того же пулемета, но на универсальном станке, эти углы приняты в —2′; указанная причина, естественно, вызвала и расхождение всех остальных данных на 6 –7′; однако вычисленные таблицы дают более отчетливое представление о характере и величине изменений углов прицеливания в зависимости от изменения углов места цели.

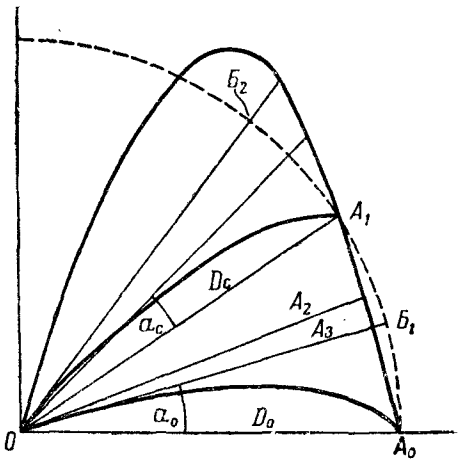


Рис. 25. График углов прицеливания равных дальностей

Как выше было сказано, нисходящая ветвь навесной траектории в безвоздушном пространстве есть геометрическое место дальностей D_c по линии цели, отвечающих одинаковым углам прицеливания (рис. 25).

Исходя из этого свойства навесной траектории, на ней можно всегда найти такую точку A_1 (рис. 25), для которой наклонная дальность D_c будет равна горизонтальной дальности D_0 при равных углах прицеливания ($\alpha_c = \alpha_0$). Эта точка будет соответствовать точке пересечения нижней ветви навесной траектории, соответствующей дальности D_0, с окружностью, проведенной из точки O радиусом, равным D_0. Все точки $Б_1$, лежащие на участке окружности A_0A_1, имеющие наклонные дальности, равные D_0, будут иметь углы прицеливания больше α_0, так как эти точки лежат за границей равных углов прицеливания; точки окружности $Б_2$ выше точки A_1 будут иметь углы прицеливания меньше α_0, так как эти точки лежат внутри кривой равных углов прицеливания.

Если проведем все возможные навесные траектории, соответствующие различным горизонтальным дальностям D_0 до предельной горизонтальной дальности (рис. 23), и опишем из точки O окружности радиусами, равными выбранным горизонтальным дальностям D_0, то получим ряд точек: P_0, P_1, P_2 и т. д. до границы поражаемого пространства; соединив эти точки непрерывной линией, получим кривую углов места цели (рис. 23, пунктирная линия), при которых наклонные дальности D_c равны горизонтальным дальностям D_0 для равных углов прицеливания ($\alpha_0 = \alpha_c$). Эта кривая разделяет все обстреливаемое пространство на две части: нижнюю часть, в которой углы прицеливания равных дистанций настильных траекторий будут больше угла α_0 для траектории при угле местности $\varepsilon = 0$, причем на этом участке углы прицеливания будут сначала увеличиваться (рис. 25), достигнут своего максимума в некоторой точке E_1, после которой будут уменьшаться до угла α_0; верхнюю часть, в которой углы прицеливания на всем протяжении неуклонно уменьшаются.

Аналитическое выражение этой кривой будет $\operatorname{tg}\alpha_c = \cos\varepsilon \operatorname{tg}\frac{\varepsilon}{2}$ ...; аналитическое выражение кривой границы поражаемого пространства будет $\alpha_m = 45° - \frac{\varepsilon}{2}$.

На основании указанного вывода, распространяя его на траектории в воздушном пространстве, мы должны были бы для малых углов места цели получать углы прицеливания большие, чем α_0, а потом меньшие. На самом же деле мы четко этого в таблицах не видим, но в табл. 1 и 2 до угла места цели, равного 5°, сохраняется угол прицеливания, соответствующий углу места цели $\varepsilon = 0$, что указывает на правильность распространения теоретического вывода для безвоздушного пространства на воздушное пространство, но проявление этого закона слишком незначительно для малых пулеметных дистанций и более значительно для больших артиллерийских дистанций — свыше 3 000 *м*; пренебрегать этим уже нельзя. Эта зависимость углов прицеливания от дистанций и углов места цели является основной зависимостью, необходимой для построения любого прицельного зенитного приспособления, так как дистанции и углы места цели получаются от данного положения цели, и для придания необходимого вертикального направления оружию угол прицеливания должен автоматически получаться в зависимости от первых двух величин.

Однако для исследовательских вопросов может быть весьма интересной зависимость наклонных дальностей от углов прицеливания и углов места цели, которая показывает изменения дистанции для данного угла прицеливания, в зависимости от углов места цели.

Таблицу этой зависимости можно получить или непосредственными подсчетами, подставляя в формулу (3) (Лендера) или в другую приближенную формулу выбранные углы прицеливания и углы места цели, или более простым способом, используя

табл. 4 или 3, из которых получают дальности для выбранного угла прицеливания и для разных углов места цели.

Для примера подсчитаем эту зависимость для тяжелой пули, используя табл. 4, при чем для простоты подсчета будем углы прицеливания округлять с точностью до $^1/_2{}'$.

Возьмем для подсчета как постоянную величину угол прицеливания $\alpha = 24'$. Из табл. 4 видим, что для углов места цели:

0°—дистанция D_0 будет равна . . . . . 500 *м*

10°—находим D_c (округляя углы прицеливания до $^1/_2{}'$) . . . 500 *м*

20°—D_ε для $\alpha_c = 24'$ находим интерполяцией:

$22'35''$ соответствуют . . . . . 500 *м*

$27'20''$ „ . . . . . 600 *м*

$4'55''$; округляя получим

$5'$ . . . . . 100 *м*

$$\text{Искомая поправка} = \frac{100 \cdot (24' - 22'35'')}{5} \approx 25 \text{ м}$$

D_c . . . . . 525 *м*

D_c находим интерполяцией

30°: „ „ между 500 и 600 *м* . . . . . 575 *м*

40°: „ „ между 600 и 700 *м* . . . . . 650 *м*

50°: „ „ между 700 и 800 *м* . . . . . 750 *м*

60°: „ „ между 900 и 1 000 *м*, округляя 900 *м*

70°: „ „ между 1 000 и 1 200 *м*, округляя 1 150 *м*

80°: „ „ около . . . . . 1 700 *м*

При вычислении допущено, что на расстоянии в 100 *м* траектория прямая и углы прицеливания пропорциональны расстояниям.

Из рассмотрения полученных данных видно, что дистанции для одного и того же угла прицеливания по мере увеличения углов места цели возрастают, причем при малых углах места цели это возрастание идет сравнительно медленно, а при больших более быстро, достигая при 85° почти предельной дальности.

В табл. 5 приведены данные равных углов прицеливания для тяжелой пули, составленные на основе табл. 4 (см. в конце книги).

Построив графики изодистанционных кривых, мы можем решать по ним ряд задач, например:

а) По известному углу места цели и нулевому углу прицеливания (для наземной цели) найти угол прицеливания для той же дистанции для зенитной стрельбы.

б) Какая наклонная дальность получится при стрельбе с нулевым углом прицеливания под заданным углом места цели?

в) Под каким углом места цели нужно стрелять, чтобы под определенным углом прицеливания получить определенную наклонную дальность?

г) На каком расстоянии траектория пули пересечет линию прицеливания при стрельбе под заданными углами прицеливания и места цели?

Превышение настильных траекторий над линией цели

(табл. 6)

Настильные траектории обладают бо́льшим практическим значением, чем навесные:

1. Вследствие своей настильности они дают большее поражаемое пространство.

2. Длина траекторий короче, в силу чего:

а) время полета пули меньше;

б) конечная скорость пули больше;

в) живая сила и убойность больше;

г) полет пули правильнее (пули при навесной траектории часто кувыркаются в воздухе или летят тыльной стороной вперед);

д) пуля настильной траектории устойчивее в воздухе, т. е. менее подвергается атмосферным влияниям.

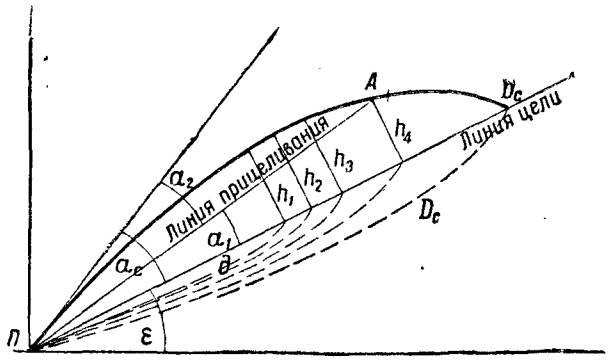


Рис. 26. Превышение траектории над линией прицеливания

Превышение настильной траектории над линией цели определяется следующими приближенными методами (рис. 26).

Допустим, требуется определить превышение h_4 в расстоянии от пулемета d_4 метров.

Из чертежа видно, что $\angle \alpha_1 = \angle \alpha_c - \angle \alpha_2$.

Допуская, благодаря малым углам α, что $ПА = d_4$, по таблице зависимостей углов прицеливания находим значение α_2 для данных угла ε и дистанции d_4. Угол α_c имеем по заданию.

Из того же чертежа находим, что

$$\frac{h_4}{d_4} = \operatorname{tg} \alpha_1,$$

или

$$h_4 = d_4 \operatorname{tg} (\alpha_c - \alpha_2). \quad \ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

Числовой пример для тяжелой пули:

Стреляем на дистанцию 1 000 *м* при угле места цели $\varepsilon = 40°$. Из табл. 4 имеем для этих условий угол $\alpha_c = 42'30''$; округляя, получаем 43′. Требуется определить высоту траектории в 800 *м*.

Из той же таблицы для $d_8 = 800$ *м* угол прицеливания для $\varepsilon = 40°$ будет $\alpha_8 = 30'50''$; округляя, получаем 31′.

Подставляя в формулу $h = d_8 \operatorname{tg} (\alpha_c - \alpha)$ приведенные данные, получим $h = 800 \cdot \operatorname{tg} (43' - 31') = 800 \cdot \operatorname{tg} 12' = 2{,}79$ *м*.

Числовой пример для легкой пули при стрельбе при тех же условиях: из табл. 1 будем иметь $\alpha_c = 43'$; $\alpha_8 = 29'$; $h = 800 \cdot \operatorname{tg} (43' - 29') = 800 \cdot \operatorname{tg} 14' = 3{,}26$ *м*.

Подставляя различные значения d и выбирая из таблицы соответствующие значения α_2, по указанному методу определяем величины h_1, h_2, h_3.

Перейдем к построению всей траектории:

а) восходящей ветви траектории до границы наибольших дальностей по вышеприведенному способу и

б) нисходящей ветви траектории, исходя из закона, что навесная траектория от точки наибольшей дальности есть геометрическое место дальности при стрельбе под различными углами места цели с одинаковым углом прицеливания.

Пример построения траектории (рис. 27) **для тяжелой пули.** Пусть будут даны постоянный угол прицеливания $\alpha_0 = 59'$ и угол места цели $\varepsilon = 60°$.

Из табл. 4 находим, что при $\alpha_0 = 59'$ дальности D_c по линиям цели, соответственно углам места цели ε, будут равны:

$0° — 1\,044$ *м*;
$10° — 1\,045$ *м*;
$20° — 1\,088$ *м*;
$30° — 1\,133$ *м*;
$40° — 1\,240$ *м*;
$50° — 1\,350$ *м*;
$60° — 1\,500$ *м*;
$70°$ — около $1\,700$ *м*.

Для построения восходящей ветви траектории проводим под углом к горизонту в 60° линию прицеливания $A_6П$ и для различных ее точек вычисляем по формуле (10) превышения траектории над линией прицеливания; отложив их по перпендикулярам к линии прицеливания, получим точки, которые соединим кривой.

Для нашего примера возьмем 5 точек: 200, 500, 800, 1 000 и 1 200 *м*, которые отложим от точки $П$ (масштаб для расстояний следует брать: 100 *м* — 2 *см* и для превышений настильной траектории над линией прицеливания 10 *м* — 1 *см*; вследствие этого получится на чертеже некоторая неувязка восходящей и нисходящей ветвей, но чертеж будет яснее; на приведенном рисунке масштаб не выдержан).

Построение восходящей ветви траектории:

$$h_2 = 200 \operatorname{tg} (59' - 8') = 2{,}8 \text{ м};$$
$$h_5 = 500 \operatorname{tg} (59' - 12') = 6{,}8 \text{ м};$$
$$h_8 = 800 \operatorname{tg} (59' - 20') = 9{,}1 \text{ м};$$

$$h_{10} = 1\,000 \operatorname{tg} (59' - 28') = 9{,}0 \text{ м};$$
$$h_{12} = 1\,200 \operatorname{tg} (59' - 38') = 7{,}3 \text{ м};$$
$$h_{15} = 0.$$

Как перейти от превышений построенной траектории к координатам x и y, где x есть дальность до проекции взятой

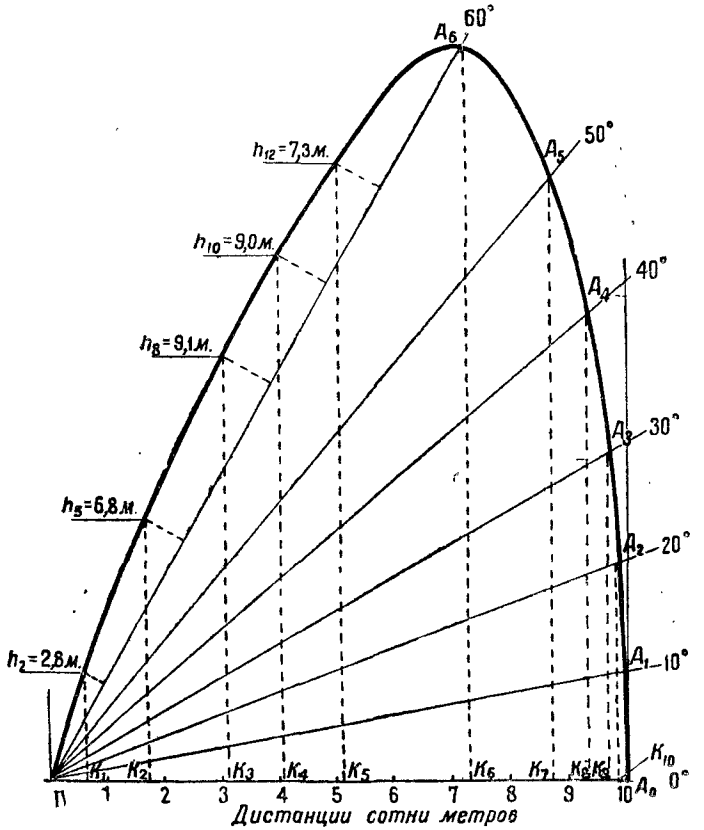


Рис. 27. Построение навесной траектории

точки траектории на горизонт и y — превышение этой точки над горизонтом (рис. 28). Для отрезка $ПА$ восходящей ветви траектории:

x и y — искомые координаты;
h — найденное превышение;
d — расстояние до основания h;
ε — угол места цели.

Все эти величины известны.

Из подобных треугольников $Оаб$ и $ОПА$ имеем:

$$\frac{x}{h} = \frac{d - t}{z}; \quad x = \frac{h(d - t)}{z} \quad \ldots\ldots\ldots (a)$$

из треугольника *Оаб* имеем:

$$\frac{z}{h} = \frac{\sin 90^\circ}{\sin \beta} = \frac{1}{\sin \beta}; z = \frac{h}{\sin \beta} = \frac{h}{\sin (90^\circ - \varepsilon)} = \frac{h}{\cos \varepsilon};$$

$$\frac{h}{t} = \operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} (90^\circ - \varepsilon) = \operatorname{ctg} \varepsilon; t = h \operatorname{tg} \varepsilon.$$

Подставляя в формулу (*а*) значения z и t, получим:

$$x = (\partial - h \operatorname{tg} \varepsilon) \cos \varepsilon \quad \ldots\ldots\ldots (11)$$

Определение y. Из подобных треугольников *Оаб* и *ОПА* имеем:

$$\frac{x}{h} = \frac{y - z}{t}; \quad xt = yh - zh; y = \frac{xt + zh}{h} \quad \ldots\ldots (б)$$

Подставляя значения x, t и z в формулу (*б*), находим:

$$y = \frac{\left[(\partial - h \operatorname{tg} \varepsilon) \cos \varepsilon \operatorname{tg} \varepsilon + \frac{h}{\cos \varepsilon}\right] h}{h}$$

или

$$y = \partial \sin \varepsilon + h \cos \varepsilon = (\partial \operatorname{tg} \varepsilon + h) \cos \varepsilon \quad \ldots\ldots (12)$$

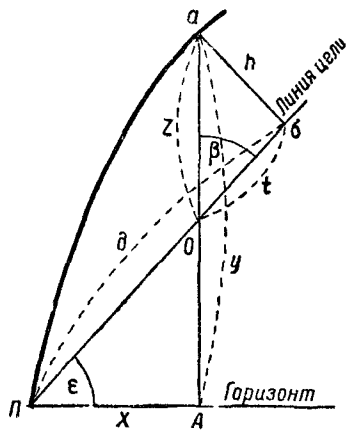


Рис. 28. Определение координат восходящей ветви траектории

Для построения нисходящей ветви навесной траектории воспользуемся ее свойством, что она есть геометрическое место точек равных углов прицеливания. Откладывая по линиям при-

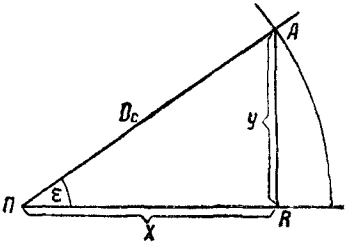


Рис. 29. Определение координат нисходящей ветви траектории

целивания для различных углов места цели выше определенные дистанции для угла прицеливания 59′, получаем точки A_1, A_2, A_3, A_4 и A_5 (рис. 27), которые являются точками нисходящей ветви навесной траектории.

Для определения координат точек A_1, A_2 и т. д. нисходящей ветви траектории из прямоугольного треугольника *ПАR* (рис. 29) будем иметь:

$$\left.\begin{aligned} x &= D_c \cos \varepsilon \\ y &= D_c \sin \varepsilon \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots (13)$$

Кроме вышеупомянутого способа построения навесной траектории для данного угла возвышения по превышениям восходящей ветви траектории над линией прицеливания до максимальной наклонной дистанции и дальше нисходящей ветви — путем откладывания дистанций по линиям прицеливания, построение траектории может быть сделано по координатам точек.

Для чего, определив по формулам 11, 12 и 13 несколько численных величин x и y, т. е. координат точек траекторий для данной дистанции и угла места цели, откладываем в определенном масштабе по линии горизонта величины x, получая точки K_1, K_2, K_3 и т. д. (рис. 27), и по восстановленным в этих точках перпендикулярам к линии горизонта — величины y; полученные точки A_1, A_2, A_3 и т. д. соединяем кривой, которая и будет искомой траекторией. Этот способ построения траекторий будет точнее для пулеметной стрельбы, так как не приходится откладывать мелких величин.

Время полета пули

Знание времен полета пули при стрельбе по самолетам имеет несравнимо большее значение, чем при наземной, так как, стреляя по быстро двигающимся самолетам, приходится брать большие упреждения. Величина же линейного упреждения определяется расстоянием, проходимым самолетом за время полета пули до встречи с самолетом, и равна произведению скорости движения цели в данный момент на время полета пули до точки встречи с самолетом.

Ошибка в определении времени полета пули в $\frac{1}{2}$ сек. по самолету, идущему со скоростью 100 *м/сек*, уже соответствует 50 *м* его пути, что обеспечивает промах даже при радиусе рассеивания пуль в 50 *м*.

Времена полета пули точно вычисляются в балистике по более или менее сложным формулам и помещены в табл. 8 для легкой пули и в табл. 9 для тяжелой пули.

Из рассмотрения табл. 8 видно, что время полета пули с увеличением углов места цели увеличивается на тысячные доли секунды, причем до дистанции 1 000 *м* общее увеличение времени при изменении угла места цели от 0 до 85° не превосходит $^1/_{100}$ сек., на 1 500 *м* — $^{16}/_{100}$ сек. Вследствие такой малой изменяемости времени полета обыкновенно для пулеметных зенитных прицелов берется срединное значение времени полета для угла места цели 35° или 45°, поэтому же для тяжелой пули в табл. 9 приводим только это срединное значение. Те же времена могут быть вычислены и по упрощенным формулам, причем результаты этих вычислений, как увидим ниже, мало отличаются от результатов вычислений по формулам балистики. Покажем, как выводятся упрощенные формулы и как изменяется время полета в зависимости от угла места цели.

Во время движения пули в воздухе на нее действуют: инерция, сообщенная ей действием пороховых газов, сила сопротивления воздуха и сила тяжести. Эта последняя сила, как мы уже об этом говорили, величина постоянная для данного места по величине и направлению. Вертикальные понижения пули под линией продолжения оси канала (OA) под влиянием силы тяжести определяются из формулы $\frac{gt^2}{2}$, где g — ускорение силы тяжести, а t — время падения тела. Силу же сопротивления воздуха вообще нельзя считать постоянной, так как она зависит от скорости, формы и размеров наружной поверхности пули, а также от плотности воздуха. Но так как для рассмотрения мы возьмем небольшой участок траектории, то без большой погрешности можно допустить, что сила сопротивления воздуха постоянна на этом участке как по направлению, определяемому касательной к траектории в данной точке (рис. 30), так и по величине; допустим также, что перемещение пули в сторону, обратную направлению выстрела, под влиянием силы сопротивления воздуха, подобно высоте падения от действия силы тяжести, выражается величиной $\frac{ut^2}{2}$, где u — ускорение силы сопротивления воздуха, а t — время, в которое совершается это перемещение.

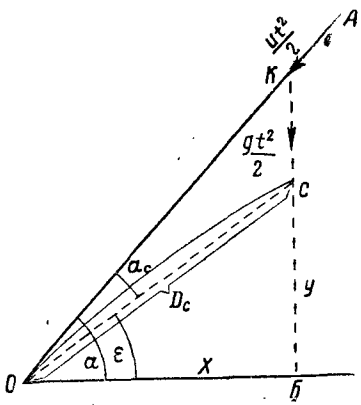


Рис. 30. Определение ускорения силы сопротивления воздуха

Допустим на минуту, что пуля двигается только в силу инерции; тогда через некоторое время пуля по направлению линии выстрела, пройдя расстояние OA, достигнет какой-либо точки A. Но так как на пулю действует, кроме инерции, также и сила сопротивления воздуха, то расстояние OA за то же время должно уменьшиться на величину $\frac{ut^2}{2} = AK$. Одновременно пуля должна понизиться от действия силы тяжести на величину $\frac{gt^2}{2} = KC$, и, таким образом, окончательное ее положение по истечении времени t будет в точке C. Это рассуждение показывает, что если будет известно ускорение силы сопротивления воздуха и ускорение силы тяжести, то, зная величину начальной скорости пули, можно приближенно определить положение пули в пространстве и определить время полета.

Обозначая координаты точки C через x и y, получаем

$$КБ = y + \frac{gt^2}{2};$$

$$ОБ = x;$$

из треугольника $OKБ$ имеем

$$KБ = x \operatorname{tg} \alpha$$

или

$$y + \frac{gt^2}{2} = x \operatorname{tg} \alpha,$$

откуда

$$t = \sqrt{\frac{2}{g}(x \operatorname{tg} \alpha - y)} \quad \ldots\ldots\ldots (14)$$

Таким образом, получаем время t, по истечении которого пуля, вылетев из канала ствола пулемета, достигает по траектории точки C, определяемой координатами x и y.

Если в этой формуле положить $y = 0$, а x равным горизонтальной дальности полета пули D_0, то получится формула:

$$t_0 = \sqrt{\frac{2D_0}{g} \operatorname{tg} \alpha_0},$$

где t_0 — полное время полета пули от точки вылета ее из канала ствола пулемета до точки ее падения на горизонте оружия, D_0 — горизонтальная дальность, а α_0 — угол прицеливания, соответствующий этой дальности.

Определим теперь время полета пули для того случая, когда стрельба производится под некоторым углом места цели (рис. 30).

Обозначим через t_c время полета пули от O до C, через D_c — наклонную дальность полета пули и через α_c — соответствующий угол прицеливания.

Из черт. 30 видно, что

$$\alpha = \alpha_c + \varepsilon; \quad x = D_c \cos \varepsilon; \quad y = D_c \sin \varepsilon.$$

Подставляя эти данные в формулу (14), получаем

$$t = \sqrt{\frac{2}{g}[D_c \cos \varepsilon \operatorname{tg} (\alpha_c + \varepsilon) - D_c \sin \varepsilon]} =$$

$$= \sqrt{\frac{2D_c}{g}\left[\frac{\cos \varepsilon \cdot \sin (\alpha_c + \varepsilon) - \sin \varepsilon \cdot \cos (\alpha_c + \varepsilon)}{\cos (\alpha_c + \varepsilon)}\right]} =$$

$$= \sqrt{\frac{2D_c}{g} \cdot \frac{\sin (\varepsilon + \alpha_c - \varepsilon)}{\cos (\varepsilon + \alpha_c)}} = \sqrt{\frac{2D_c \sin \alpha_c}{g \cos (\varepsilon + \alpha_c)}} \quad \ldots\ldots (15)$$

Отношение между временами t_c и t_0 будет равно

$$\frac{t_c}{t_0} = \sqrt{\frac{2D_c \sin \alpha_c}{g \cos (\varepsilon + \alpha_c)} : \frac{2D_0}{g} \operatorname{tg} \alpha_0} = \sqrt{\frac{D_c \sin \alpha_c}{D_0 \operatorname{tg} \alpha_0 \cos (\varepsilon + \alpha_c)}}.$$

Отсюда

$$t_c = t_0 \sqrt{\frac{D_c \sin \alpha_c}{D_0 \operatorname{tg} \alpha_0 \cos (\varepsilon + \alpha_c)}} \quad \ldots\ldots (16)$$

При $D_c = D_0$ получаем

$$t_c = t_0 \sqrt{\frac{\sin \alpha_c}{\operatorname{tg} \alpha_0 \cos (\varepsilon + \alpha_c)}} \quad \ldots\ldots (17)$$

При $\alpha_c = \alpha_0$

$$t_c = t_0 \sqrt{\frac{D_c \cos \alpha_0}{D_0 \cos (\varepsilon + \alpha_0)}} . \quad \ldots\ldots (18)$$

По формуле (17) может быть определено время полета пули t_c, когда известно из таблицы стрельбы для выбранной дистанции D_c, t_0 и углы α_0 и ε.

Полученные выводы интересны в том отношении, что в окончательные формулы совершенно не входит сопротивление среды, в предположении которой они были получены.

Это означает, что эти формулы остаются справедливыми при всяком законе сопротивления воздуха в воображаемом пространстве, а следовательно, и при таком, когда во всех точках траектории $u = 0$. Так как последний случай представляет не что иное, как безвоздушное пространство, то имеем следующий весьма примечательный в механическом отношении результат.

Время движения снаряда в сопротивляющейся среде, отличающейся от действительной воздушной среды лишь тем, что в ней направление сопротивления остается постоянно параллельным начальной касательной к траектории, выражается через координаты точки (x, y или D_c, ε) и угол возвышения $B = \varepsilon + \alpha$ той же формулой, как и время движения в безвоздушном пространстве.

Выведенные формулы приближенного вычисления времени для воздушной среды дают при стрельбе из пулеметов ошибки порядка 4—6%, что при больших скоростях полета самолетов (свыше 100 *м/сек*) может представить уже существенный недостаток, и потому в формулу (17) мы предлагаем ввести дополнительное слагаемое и выразить формулу следующим образом:

$$t_c = t_0 \sqrt{\frac{\sin \alpha_c}{\operatorname{tg} \alpha_0 \cos (\varepsilon + \alpha_c)}} + \frac{D_c}{10\,000} . \quad \ldots\ldots (19)$$

Пример 1. Задается $D_c = 500$ *м*, $\varepsilon = 35°$. По таблицам: $t_0 = 0{,}73$ сек., $\alpha_0 = 0°19'$ и $\alpha_c = 0°14'$. Подставляя эти данные, получаем $t_c = 0{,}74$ сек., по таблицам $t_c = 0{,}73$ сек.

Пример 2. Рассчитаем время полета для $D_c = 1\,000$ *м* и $\varepsilon = 65°$. Для этих данных из табл. 1 и 8 будем иметь:

$$\alpha_1 = 59' \text{ и } \alpha_c = 21'; \; t_0 = 1{,}99 \text{ сек. и } t_{65} = 1{,}997 \text{ сек.} \approx 2 \text{ сек.}$$

Подставляя эти данные в формулу (19), получаем

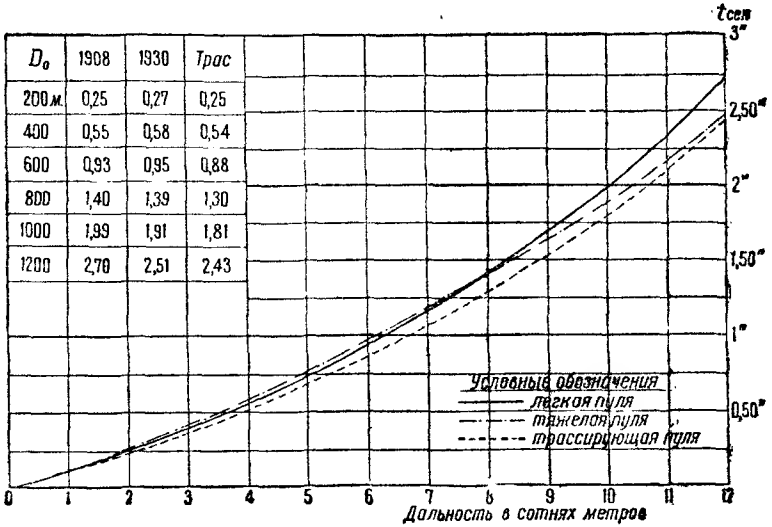
$$t_c = 1{,}99 \cdot \sqrt{\frac{\sin 21'}{\operatorname{tg} 59' \cos (65° + 21')}} + \frac{1000}{10000},$$

$t_c = 1{,}98$ сек., по таблицам — 1,99 сек.

Пример 3. Задаемся $D_c = 1\,400$ *м*, $\varepsilon = 45°$. Из таблиц находим: $t_0 = 3{,}53$ сек., $\alpha_0 = 1°53'$ и $\alpha_c = 1°14'$. По формуле (19) получаем: $t_c = 3{,}58$ сек., по таблицам $t_c = 3{,}563$ сек.

Итак, из трех примеров видно, что результаты получаются почти одинаковые, и расхождения практического значения иметь не будут.

Как выше было отмечено, времена полета пуль в зависимости от углов места цели изменяются весьма мало, поэтому разность между временами полета различных образцов пуль будет также почти постоянна для всех углов места цели. Для наглядности приводим эту зависимость для углов места цели $\varepsilon = 0$ для трех образцов пуль: легкой, обр. 1908 г., тяже-



D_0	1908	1930	Трас
200 м	0,25	0,27	0,25
400	0,55	0,58	0,54
600	0,93	0,95	0,88
800	1,40	1,39	1,30
1000	1,99	1,91	1,81
1200	2,70	2,51	2,43

Рис. 31. График времени полета пуль

лой, обр. 1930 г. и трассирующей (рис. 31); из рассмотрения этого графика видно, что для всех трех пуль без большой погрешности можно употреблять единый прицел.

Скорость полета пули

Переходим к вопросу о скорости движения пули — к элементу балистических свойств ее, имеющему на практике огромное значение, так как от скорости зависит, как мы видели выше, время полета пули, а также убойная ее сила в данный момент.

Особенности балистических свойств пули начинают уже сказываться в более или менее разреженной среде, что заметно в верхних слоях атмосферы, куда пуля залетает при стрельбе по самолетам, а поэтому вопрос этот не должен быть чуждым для зенитчиков. Всем известно, что во время империалистической войны немцы обстреляли Париж, бросая артиллерийские снаряды на 120 *км*. При этом полет снарядов происходил в стратосфере.

Скорость полета пули по касательной к траектории может быть разложена на скорость, параллельную горизонту и вертикальную (рис. 32).

Скорость горизонтальная $v_г$ (вектор OB) равна скорости по касательной v, умноженной на cos $Б$:

$$v_г = v \cos Б,$$

и скорость вертикальная

$$v_в = v \sin Б.$$

Отсюда видно, что чем больше угол наклона траектории $Б$, тем горизонтальная скорость будет меньше, а вертикальная больше. При угле $Б = 90°$ первая обращается в ноль ($v_г = 0$), а вторая делается равной скорости по касательной ($v_в = v$).

Если известны времена полета пули, т. е. имеются таблицы времен полета пули, а для скорости их нет, то средние значения скорости легко определять по первым таблицам. Мы желаем определить среднее значение скорости на дистанции от 600 до 800 *м* при стрельбе под углом места цели 65°. Из табл. 8 времен полета пули для легкой пули в графе $\varepsilon = 60°$ мы имеем $t_{800} = 1{,}407$ сек. и $t_{600} = 0{,}937$ сек.; разность получается $t_{800} - t_{600} = 1{,}407 - 0{,}937 = 0{,}47$ сек. Это значит, что в течение 0,47 сек. пуля пролетела 200 *м*, или, относя к единице времени 1 сек., $v_{ср} = \frac{200}{0{,}47} = 425$ *м/сек*. Действительно, из табл. 10 имеем: $v_{600} = 462$ и $v_{800} = 369$; $v_{ср} = \frac{462 + 369}{2} \approx 416$ *м/сек*.

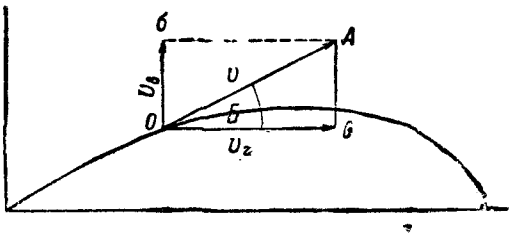


Рис. 32. Разложение скорости полета пули

В табл. 10 и 11 помещены данные конечных скоростей в однородной среде (воздухе), т. е. без учета снижения плотности воздуха от высоты над уровнем моря.

При современных технических средствах и прочих условиях мы считаем, что для практических целей отсутствие этого учета высоты положения оружия над уровнем моря не может повлиять на результаты огня по самолетам. Из рассмотрения таблиц скоростей видно, что в пределах дистанций пулеметной стрельбы скорости полета пули сравнительно медленно изменяются при изменении углов места цели, причем с увеличением дистанции направление изменения скорости меняется, а именно: сначала с увеличением углов места цели от нуля скорости увеличиваются, но после 1 000 *м* для легкой пули и 2 200 *м* для тяжелой скорости начинают уменьшаться.

Ускорение силы сопротивления воздуха ($и$) по первому приближению увеличивается пропорционально квадрату скорости пули для сравнительно малых скоростей, примерно до $v = 200$ *м/сек*, но при скоростях, близких к скорости звука (330 *м/сек*), оно достигает 3-й и даже 6-й степени.

На величину силы сопротивления воздуха, кроме скорости полета пули, имеют влияние и другие элементы.

Строго говоря, сила R (в *кг*) сопротивления воздуха при движении пули, являясь геометрической суммой отдельных элементарных сил сопротивления воздуха, действующих на элементы поверхности пули, по существу вопроса зависит от:

а) площади S (в $м^2$) поперечного сечения пули;

б) плотности $П$ (в $кг/м^3$) воздуха;

в) скорости v (в *м/сек*) полета пули;

г) очертания пули;

д) различного рода завихрений, создающихся при полете пули, которые пока не имеют математического решения и учитываются коэфициентами, получаемыми из опыта.

Предполагают, что все эти факторы действуют независимо друг от друга, вследствие чего можно написать:

$$R = A \cdot \frac{\pi}{4} (2r)^2 \cdot \frac{П}{П_0} \cdot i \cdot f(v),$$

где A — некоторый постоянный коэфициент, который зависит только от скорости пули, i — коэфициент формы пули, не зависящий от скорости, и $П$ — плотность воздуха в данной точке пространства.

В первом приближении к действительности считают, что сила сопротивления R прямо пропорциональна площади поперечного сечения пули

$$S = \frac{\pi}{4} (2r)^2,$$

где $2r$ — калибр пули в *м*.

Пуля, выпущенная под большим углом бросания φ, быстро проходит плотные слои воздуха и попадает затем в сферу менее плотную, двигаясь с меньшей скоростью. Здесь ей приходится преодолевать сравнительно слабое сопротивление разреженной среды, поэтому ускорение силы сопротивления среды значительно понижается.

Из рассмотрения табл. 10 и 11 падения скоростей в зависимости от углов бросания и дальностей мы видим, что чем больше угол бросания, тем падение происходит быстрее, в особенности для легкой пули. Эта особенность более характерно видна из графика (рис. 33).

Объясняется это следующим: чем больше угол возвышения, тем направление силы сопротивления воздуха на восходящей ветви траектории все больше и больше совпадает с направлением оси пули, но ему противоположно. Опрокидывающая пара сил становится слабее и слабее, и наконец при угле 90° она совершенно исчезает. (Объяснение действия пары сил смотри у Филатова — Основание стрельбы из ружей и пулеметов, изд. 1926 г., стр. 22—27). Таким образом, возрастает слагающая силы сопротивления воздуха, направленная в сторону, противоположную движению пули.

Наименьшая скорость полета пули получается в точке нисходящей ветви траектории, лежащей несколько дальше вершины, и достигает, например, при $\varepsilon = 85°$ величины 11 *м/сек*, т. е. скорости, при которой пулю можно схватить рукой (Перельман, Занимательная физика). На нисходящей ветви

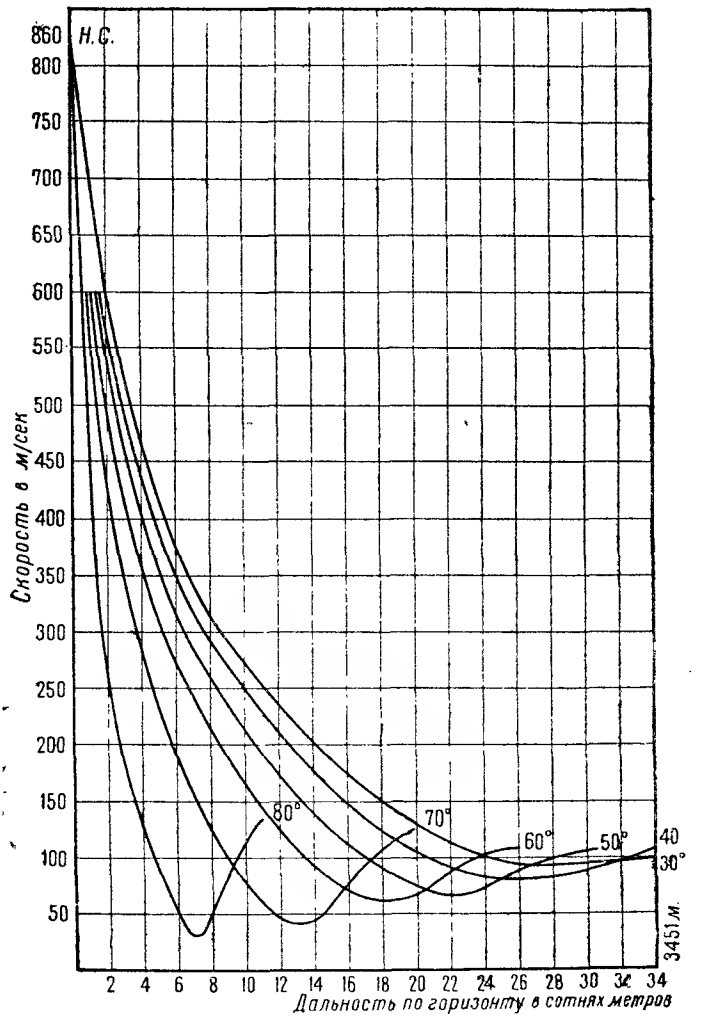


Рис. 33. График кривых скоростей

траектории ускорение силы тяжести, всегда направленное вниз, почти совпадает с направлением движения пули, вследствие чего наименьшая скорость ее полета увеличивается, согласно закону $v = gt\cos\gamma$, где γ — угол, составляемый направлением касательной траектории с вертикалью. Угол γ уменьшается

с увеличением угла возвышения и приближением пули к земле; так как угол γ вообще очень мал, то для практики можно $\cos\gamma$ принять равным единице. Сначала пуля летит в разреженной среде и с малой скоростью, но затем скорость ее, как видно из приведенной формулы, быстро возрастает; пропорцио-

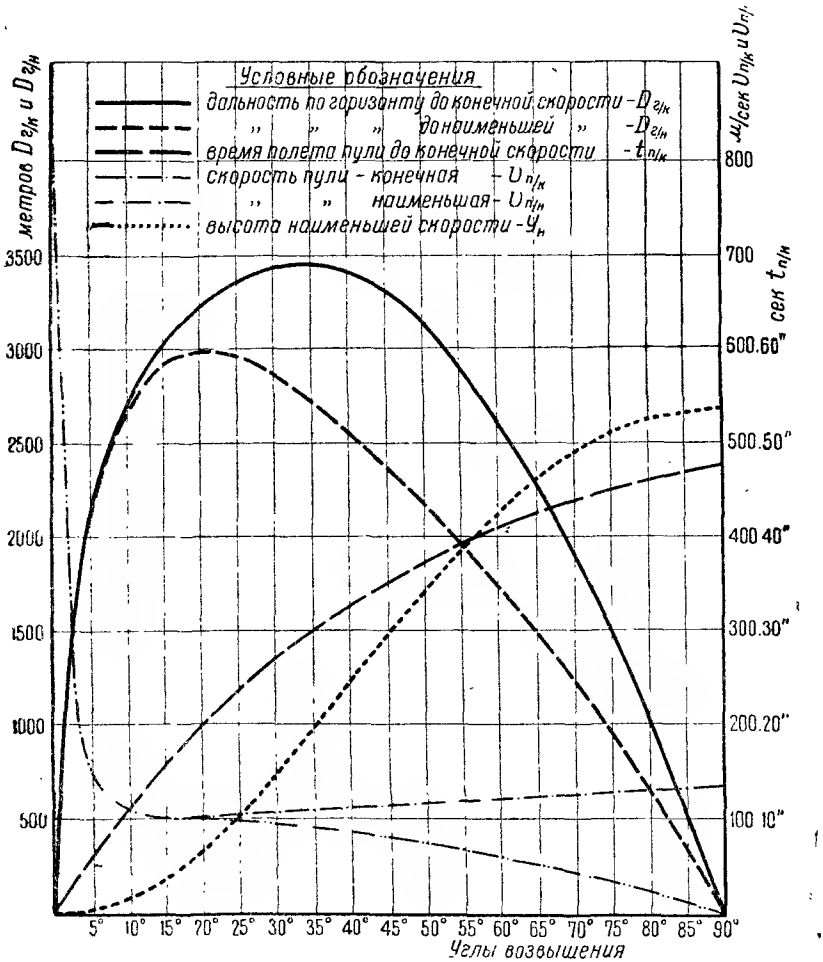


Рис. 34. График наименьших и конечных скоростей и соответствующих горизонтальных дальностей, высоты траектории и времени полета пули

нально квадрату ее возрастает и сопротивление воздуха. У земли пуля проходит слой наиболее плотного воздуха и затем, не достигнув еще земли, получает скорость, которую и сохраняет до самого падения, — незначительный загиб на графической таблице (рис. 33), характеризующей изменение скоростей при разных углах возвышения.

Движущей силой в процессе падения пули является ее вес. Сопротивление воздуха тормозит падение. По мере увеличения скорости, как сказано выше, возрастает и сила сопротивления. Если наступит такой момент, что при некоторой скорости пули $v_{пр}$ сила сопротивления ее движению будет численно равна весу пули, то силы веса и сопротивления, будучи направлены в противоположные стороны и численно равны, уравновесятся. С этого момента движение пули станет равномерным. Скорость $v_{пр}$ называют предельной.

По мере уменьшения углов возвышения кривые скоростей все больше и больше выпрямляются, скорости в вершинах траекторий становятся больше, а при падении на землю меньше, и при угле в 30° примерно с высоты 900 *м* и на расстоянии по горизонту с 2 500 до 3 400 *м* скорость остается почти постоянной и равной около 100 *м/сек*.

Эта зависимость особенно наглядно наблюдается на графической таблице рис. 33 и на монограмме (рис. 34).

Окончательные скорости для наклонной дальности, как видно из табл. 10 и 11, очень мало изменяются от угла места цели, что является чрезвычайно благоприятным при конструировании зенитных прицелов.

При составлении таблиц стрельбы плотность воздуха обычно берется при + 15° С и давлении атмосферы 750 *мм* и равна 1,2 *кг/м*^{3}.

С высотой давление воздуха уменьшается примерно в следующей прогрессии: если у земли давление воздуха равно 1, то на высоте 3 000 *м* — примерно $^3/_4$ и на 6 000 *м* — примерно $^1/_2$.

Считают, что сила сопротивления воздуха возрастает прямо пропорционально плотности его. Поэтому на высоте 6 000 *м* сопротивление воздуха должно быть вдвое меньше, чем у земли, что резко сказывается на условиях полета пули.

Ниже мы приводим график (рис. 35) и в конце книги табл. 12 сравнительных данных превышений траекторий над линией прицеливания.

Практически полезное действие пули

При стрельбе по самолетам полезное действие пули может быть учитываемо убойностью ее, пробивной способностью и разрушительным эффектом.

Убойность зависит:

а) Главным образом, от живой силы пули $E = \frac{mv^2}{2} = \frac{pv^2}{2g}$, где E — живая сила, m — масса пули, v — скорость пули в данный момент, p — вес пули и g — ускорение силы тяжести свободно падающего тела, равное 9,81 *м/сек*.^{2}

Для поражения человека живая сила должна быть около 8 *кгм*, для повреждения же отдельных жизненных частей самолета, изготовленных из металла, необходима живая сила пули от 20 до 23,5 *кгм*.

Подставляя в формулу вместо E величину 8 *кгм*, получим, что пуля обр. 1908 г. при скорости 128 *м/сек* будет убойна для человека, что отвечает дальности стрельбы 1 850 *м* (при угле $\varepsilon = 70°$); для пули обр. 1930 г. при окончательной скорости, равной 116 *м/сек*, — 3 000 *м* (при угле $\varepsilon = 80°$).

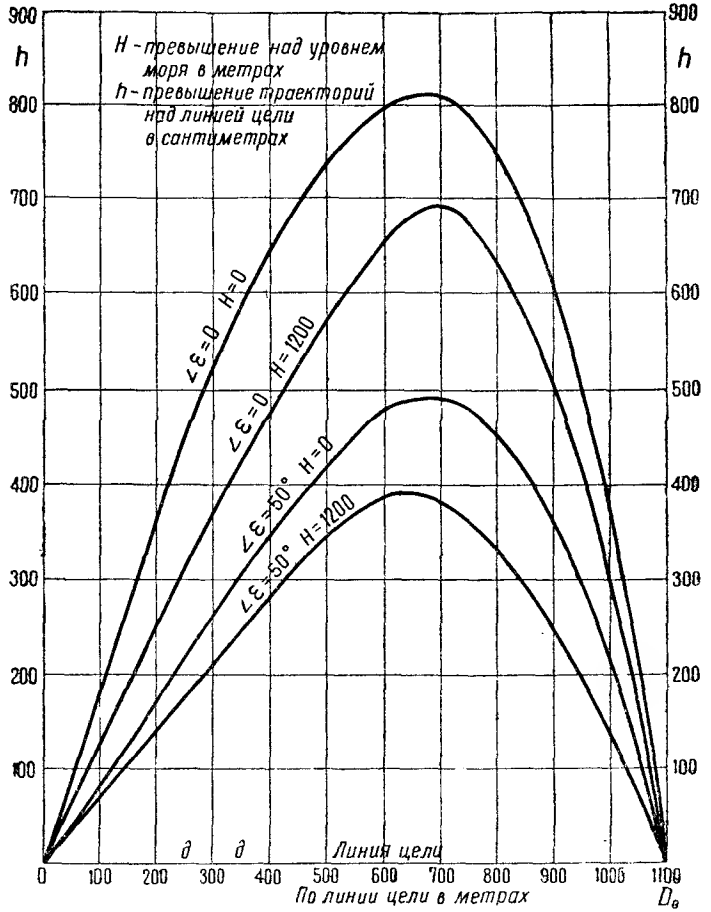


Рис. 35. График превышений траекторий над линией прицеливания при стрельбе легкой пулей на разных уровнях позиции над морем

Для поражения самолета нужны скорости:

$$v_л = \sqrt{\frac{2 \cdot 9{,}81 \cdot 23{,}5}{0{,}0096}} = 217 \text{ } м/сек \text{ — для легкой пули;}$$

$$v_т = \sqrt{\frac{2 \cdot 9{,}81 \cdot 23{,}5}{0{,}0118}} = 198 \text{ } м/сек \text{ — для тяжелой пули.}$$

Эти скорости соответствуют наклонной дальности для легкой пули 1 500 *м* (65°) и для тяжелой пули — около 2 500 *м*, при условии прохождения самолета вдоль позиции.

б) От формы пули: остроконечная, тупая, с большим или меньшим диаметром, деформирующаяся при попадании или нет и т. д.

в) На пробивную способность пули, кроме ее скорости в данной точке, зависящей от расстояния, влияет и угол встречи.

Рассмотрим этот вопрос.

Предположим, самолет со скоростью $v_с = 60$ *м/сек* идет навстречу легкой пуле, имеющей $v_п = 190$ *м/сек* (скорость — недостаточная для сбития самолета).

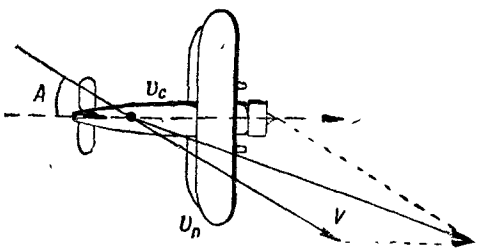


Рис. 36. Зависимость скоростей полета пули и самолета

Относительная скорость выразится алгебраической суммой скоростей пули и самолета и будет равна

$$V = v_п + v_с$$

или

$$V = 190 + 60 = 250 \text{ м/сек},$$

т. е. скорости достаточной, чтобы нанести повреждения металлическим частям самолета.

Ясно, что если самолет уходит в плоскости стрельбы, то

$$V = v_п - v_с.$$

Вообще, если проекция на горизонт угла встречи пули с движением самолета будет составлять угол A (рис. 36), то встречная (поражающая) скорость пули определится как геометрическая сумма скоростей $v_п$ и $v_с$ и будет равна

$$V = \sqrt{v_п^2 + v_с^2 - 2v_п v_с \cos A}.$$

Для удаляющегося самолета угол $A = 0$ и

$$V = \sqrt{v_п^2 + v_с^2 - 2v_с v_п} = v_п - v_с.$$

Для встречного самолета угол $A = 180°$ и

$$V = \sqrt{v_п^2 + v_с^2 + 2v_п v_с} = v_п + v_с.$$

Пробивная способность при попадании в корпус самолета, часто бронированный:

В данном случае, кроме живой силы пули, полезное ее действие будет зависеть от твердости головной части пули, препятствующей ее деформации, и вообще от конструкции последней. В этом случае живая сила пули при ударе должна значительно превышать вышеприведенные данные, достигая 50—60 *кгм*.

Вероятно, в будущих войнах штурмовики все будут бронированными, разведчики и бомбардировщики — лишь в некотором проценте; толщина брони, по всей вероятности, не будет превосходить 3 *мм*.

Истребители — небронированные, так как лишний вес сильно понижает маневренность самолета.

Разрушительное действие пули. Как показал опыт, самолет выводится из строя при попадании пули в так называемую жизненную часть его, т. е. в летчика, винт, мотор, бак с бензином, в органы управления и в крепительные части, составляющие в совокупности не больше 2—3 $м^2$, или 3—4% всей площади самолета. Попадания пуль в остальные части не производят губительного эффекта, оставляя лишь маленькие отверстия.

Деривация

Объяснение сущности дериваций и причин, ее вызывающих, можно найти в руководствах по внешней балистике и в сочинении Филатова — Основание стрельбы из ружей и пулеметов.

Достоверно доказано, что при стрельбе под углом бросания 90° деривации не существует; объясняется это тем, что пуля по вылете из канала ствола встречает сопротивление воздуха в направлении, прямо противоположном своему полету, и поэтому не образует вращающей пули пары сил. Пуля в этом случае сохраняет только одно вращательное движение вокруг своей оси, которое удерживает пулю около линии выстрела. При всех других углах возвышения пуля будет иметь всегда два вращательных движения: одно — вокруг своей оси (от нарезов оружия) и второе — вокруг оси, перпендикулярной к оси пули (от действия силы сопротивления воздуха).

По правилам механики о сложении вращательных движений будет получаться одно вращательное движение, которое будет уклонять пулю в сторону направления осевого вращения верхней части пули, т. е. в нашем случае вправо. Кроме того, момент пары от силы сопротивления воздуха будет возрастать с уменьшением угла возвышения, что будет увеличивать и отклонение пули в сторону от линии выстрела. На основании сказанного для настильных участков траекторий наибольшая величина деривации будет при углах места цели, равных 0°, и наименьшая при 90°. Для навесных же участков траектории, т. е. для условий навесной стрельбы по горизонту, будет происходить обратное явление: с увеличением углов возвышения будет увеличиваться и деривация, что видно из нижеприводимой таблицы для навесной стрельбы, составленной на основании опытов в 1917 г. Явление это объясняется тем, что время полета пули по навесной траектории будет во много раз больше времени полета по настильной.

Закон изменения величины деривации для настильных траекторий при разных углах места цели без сложных вычислений установить нельзя. Однако, принимая во внимание относительно

Таблица для стрельбы из пулемета Максима навесным огнем

Составлена Оружейным полигоном в 1917 г.

(Данные для точки падения в метрах)

Расстояния в *м* по горизонту	Углы возвышения		Деривация в *м*		Ветер		Сердцевинная полоса			
	Траектории				боковой сильный		по дальности		в боковом направлении	
					Траекторни					
	настильные	навесные	настильные	навесные	настильные	навесные	настильные	навесные	настильные	навесные
1 000	1	72	1	100	7	220	125	50	3	60
1 500	2	69	2	90	23	215	110	70	7	50
2 000	4	66	6	80	40	210	100	80	10	45
2 500	7	60	14	70	70	205	95	90	15	40
3 000	17	50	25	60	100	200	90	95	20	35
3 300	26—29	39—42	40	40—50	140	140—180	90	100	30	30—40

незначительную величину деривации при наземной стрельбе, деривация при стрельбе по воздушной цели должна быть столь ничтожной, что практического значения иметь не может.

Метеорологические данные, влияющие на полет пули

По существу вопроса можно сказать, что речь идет исключительно о ветре, так как изменения плотности в слоях воздуха, проходимых траекторией, не могут оказать существенного влияния на движение пули, и поэтому обыкновенно этими величинами пренебрегают, в особенности, имея в виду большую настильность траектории для дистанции пулеметного зенитного огня.

Воздух, вследствие неравномерности температуры, давления и плотности, не находится в состоянии равновесия и покоя, а в нем постоянно возникают течения, которые в обыденной жизни называются ветром.

Ветер характеризуют две величины: направление и сила, определяемая его скоростью.

Направление и скорость ветра различны не только для разных мест земной поверхности и разных слоев воздуха по высоте, но и для одного и того же места и слоя в разное время. Скорость ветра у земли имеет суточный ход. После восхода солнца ветер усиливается, около 13 часов достигает максимума, к вечеру слабеет, а ночью затихает.

Так как в разных слоях воздуха, проходимых пулей при полете, направление и сила ветра — величины переменные, то на практике для учета ветра принимается некоторая средняя

величина их, постоянная в данный момент по силе и направлению, и притом в определенном слое воздуха, и производящая то же влияние, как и действительный ветер. Это так называемый балистический ветер. Для его определения требуется наличие метеорологических станций, снабженных специально приспособленными приборами (шарами-зондами, шарами-пилотами, змейковыми шарами с самопишущими приборами и т. п.). Организованные таким образом станции дают возможность определять скорость и направление ветра на различных высотах.

Конечно, очень трудно определить скорость ветра без помощи специальных для того приборов, но понятия: слабый, умеренный, сильный — более или менее установившиеся; для того же, чтобы более наглядно характеризовать эти понятия, приведем указания для определения скорости ветра на-глаз.

Состояние погоды	Скорость ветра в *м/сек*	Действие ветра (примерно)
Тихо (штиль)	1—0	Дым поднимается вертикально
Слабый ветер	2	Флаг колеблется, но не развевается
Умереный (средний) ветер	4	Движутся листья деревьев, флаг развевается
Сильный (свежий) ветер	8—10	Качаются ветви деревьев
Очень сильный ветер . .	12—14	Качаются тонкие стволы деревьев

Кроме приведенных признаков, для определения скорости и направления ветра можно пользоваться следующим простым способом: взять в руки носовой платок за два смежных угла и, повернувшись к ветру так, чтобы не заслонить его, наблюдать за отклонением и качанием платка. Если платок слегка поднимается и тотчас же падает — скорость ветра 1—2 *м/сек*; платок остается все время вытянутым, но его не рвет из рук, — скорость ветра 3—4 *м/сек*; платок с шумом вырывается ветром из рук — скорость ветра 6—7 *м/сек*; наконец, когда ветер порывистый, переходит в бурю, — скорость его около 18 *м/сек*.

Указанные сноровки для определения силы и направления ветра пригодны лишь для настильной наземной стрельбы. О скорости и направлении ветра на высоте отчасти можно судить по движению облаков, вспышкам разрывов снарядов и для низких слоев — по дыму из труб.

Понятия о влиянии встречного и попутного ветров, как уменьшающих и увеличивающих дальность полета пули при наземной стрельбе, в корне меняются для зенитной стрельбы, а именно: ветер встречный увеличивает дальность полета пули по линии цели, попутный ветер уменьшает (рис. 37), так как в первом случае ветер, давя на боковую поверхность пули спереди, уводит ее от линии прицеливания, а во втором, наоборот, прижимает к линии прицеливания.

Допустим, что в абсолютно тихую погоду дальность по линии прицеливания будет 1 000 *м* (рис. 38) (сплошная линия). При встречном ветре (кривая пунктирная — черточки с точками) дальности для траекторий при малых углах возвышения, т. е. для наземных целей, будут меньше 1 000 *м*, затем для какой-то траектории (*а*) при угле места цели ε_1 дальность будет равна 1 000 *м* и затем начнет увеличиваться. При больших углах возвышения и сильном ветре возможны случаи, что траектории принимают форму петли (рис. 39).

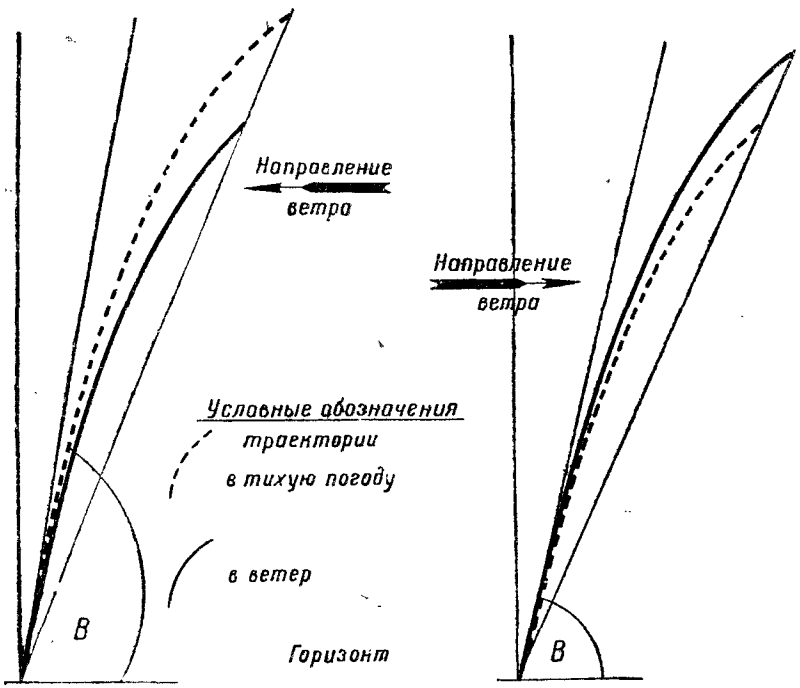


Рис. 37. Влияние ветра на полет пули

При попутном ветре (кривая пунктирная) (рис. 38) при малых углах места цели дальности будут больше 1 000 *м*, затем при некотором угле места цели ε_2 для траектории a_1 дальность будет 1 000 *м* и затем начнет уменьшаться.

Вообще влияние ветра на пулю, выпущенную под большим углом возвышения, значительно больше, чем на пулю, выпущенную под малым углом возвышения, так как в первом случае давление ветра распределяется на боковую, большую, поверхность пули, а не на головную. Для нисходящих ветвей навесных траекторий, на которых пуля имеет наименьшие скорости полета, указанное влияние ветра отражается еще сильнее, чем для восходящих ветвей траектории. По этой причине при стрельбе по зенитным целям часто не представляется возмож-

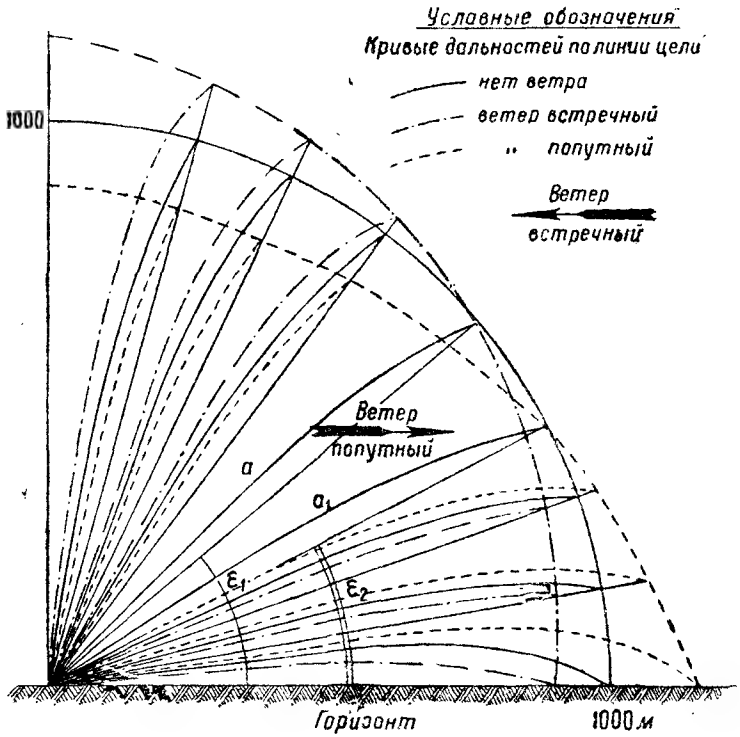


Рис. 38. График влияния ветра на полет пули при разных углах места цели

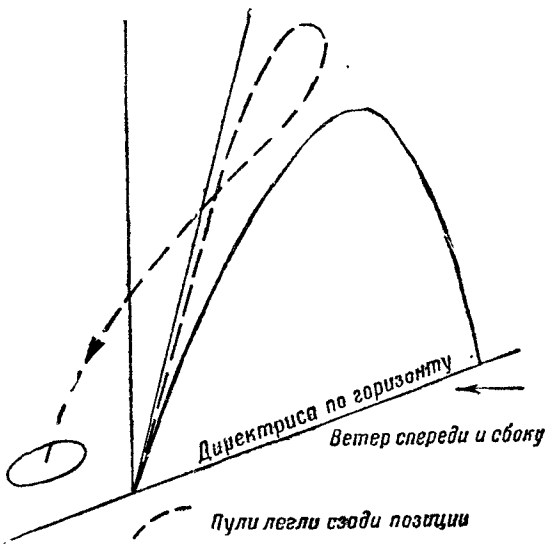


Рис. 39. Влияние ветра при углах возвышения около 90°

ным точно установить место падения пули на землю, а значит, и опасную зону.

При опытных стрельбах бывали случаи, когда при стрельбе около 85° места падения пуль на землю оказывались сзади позиции на 200—250 *м*, тогда как их ожидали в 200—300 *м* (предсказательные дистанции) впереди позиции.

Указанное явление показывает, что при стрельбе по самолетам пренебрегать ветром не следует, так как его действие на самолет и пулю будет иметь обратное направление, но для этого необходимо организовать при пулеметных частях метеорологические станции.

ЧАСТЬ II

СТРЕЛЬБА ПО САМОЛЕТАМ

САМОЛЕТ КАК АВИАЦЕЛЬ [1]

Знания свойств ВВС ориентируют нас в разработке и в развитии средств ПВО в целом; изучение самолета как авиацели диктует программу мероприятий по поднятию действительности *огня по самолетам.*

Без глубокого понимания свойств самолета, создающих трудности стрельбы по нему из пулеметов и винтовок, всякого рода деятельность в этом направлении не только не дает полных результатов, но может привести к ошибочным и даже вредным мероприятиям как в области изобретений технических средств, в разработке правил стрельбы, так и в методах обучения.

Чтобы не быть голословным, рассмотрим несколько случаев.

1. Конструкторские идеи по разработке зенитных прицелов обычно направляются в сторону выполнения предъявляемых требований с одинаковым педантизмом, без относительной оценки их практического значения.

Часто сложность детали не оправдывает ее назначения.

2. При разработке правил стрельбы авторы таковых бывают озабочены огромной угловой скоростью самолета, находящегося над головой стрелков, упуская из виду, что этот критический промежуток времени так мал, что пулемет не успеет выпустить и одной пули.

3. Методика грешит еще больше. Зачастую придается больше значения обучению взятия упреждения, чем, например, тренировке в стрельбе и прицеливанию по быстро движущимся целям, тогда как первый вопрос решается почти исключительно техникой (целик — кольцевой, линейный), а второй — исключительно самой широкой практикой.

Вопрос изучения самолета как авиацели и природы огня несомненно недооценивается как в отношении сложности, так и важности, а потому ему уделяют сравнительно мало внимания и времени.

---

[1] Рекомендуем познакомиться с недавно вышедшим трудом М. Давыдовского — Воздушная стрельба, написанным весьма обстоятельно и популярно.

Самолет как авиацель может быть:

а) активным противником, т. е. таким, который, если не будет сам во-время сражен, нанесет значительный урон наземным войскам, и

б) пассивным, когда он не имеет в виду атаковать наземные войска, а производит рекогносцировку или маневрирует, не подозревая, что находится в районе действия наших частей.

Отсюда необходимо выяснить:

а) в чем заключаются огневая сила самолета, его вооружение, способность нападения и действительная им создаваемая опасность;

б) какие задачи выполняют самолеты в пределах действительного огня из пулеметов и винтовок.

Наконец, для обоих случаев необходимо выяснить слабые стороны самолета — его ахиллесову пяту, чтобы знать, куда направлять свой верный и меткий удар.

Самолет как активный и пассивный враг

Боевые действия авиации против наземных объектов заключаются в атаке с воздуха живых целей (войск) и наземных пунктов с сооружениями. Атаки авиацией войск по приемам их выполнения существенно отличаются от действий по сооружениям: в то время как последние допускают предварительную подготовку и изучение целей, войска представляют собой цель подвижную, непостоянную, и действия авиации должны быть особенно быстры и решительны, чтобы не упустить удобного момента атаки.

Боевые действия с воздуха осуществляются:

а) путем обстрела из пулеметов и орудий;

б) путем сбрасывания бомб: осколочных, фугасных, зажигательных и с удушливыми газами, а также стрел и пуль.

Боевые действия неприятельской авиации над полем сражения имеют следующие цели:

При атаке войск:

а) путем продолжительного и упорного огня сверху подавить дух противника и тем самым оказать решительное влияние на исход боя;

б) отвлекать внимание от своих наземных войск и не давать сосредоточить на них удар, стараясь повторными атаками сверху рассеять войска противника и создать тем самым благоприятные для действия своих войск условия обстановки;

в) содействовать своим войскам нападениями сверху, пытаясь внести в тыл войск противника смятение и панику, помешать связи и нанести потери подходящим подкреплениям;

г) в некоторых случаях успех достигается авиацией не столько огнем из пулеметов, сколько моральным воздействием. Появление на небольшой высоте группы самолетов оказывает на недостаточно стойкие войска сильное моральное впечатление.

Действия неприятельских самолетов по войскам могут внести смятение и расстройство, подавляющим образом действуя на их моральное состояние, понижая тем действительность огня с земли.

М. Минин („Красная звезда", декабрь 1938 г.) отмечает, что только первая атака самолетов встречалась дружным и интенсивным огнем с земли, при последующих атаках части генерала Франко разбегались.

Правильность такого взгляда вполне подтвердила авиация генерала Франко в Испании: атаки ее на республиканские войска, как правило, были безуспешны, что сказать, однако, про действия самолетов республиканских воздушных сил нельзя, о чем свидетельствуют приводимые ниже примеры.

Под Гвадалахарой республиканские самолеты атаковали колонны итальянского корпуса. Истребители продолжали атаковывать пехоту и мотомехчасти, заменяя своими действиями конницу.

Абсолютное господство в воздухе во время всей операции находилось на стороне республиканской авиации, и истребители мятежников не посмели появиться над республиканской территорией.

Правительственные истребители не раз останавливали продвижение колонн мятежников, нанося им серьезные поражения.

На южном фронте в условиях напряженной наземной и воздушной обстановки мятежники повели наступление, тесня республиканские части и в то же время сосредоточивая новые резервы для развития успеха.

Командир истребителей правительственной группы получил задачу атаковать резервы мятежников, двигающихся по единственной дороге от Марбелья на Охен по узкому ущелью. Правительственные истребители немедленно вылетели на выполнение задания. Когда истребительная группа подходила к указанному ей району, то наступающая колонна мятежников вышла к дефиле; это облегчало атаку республиканской авиации.

Левее дороги были высокие горы, которые местами подходили к ней вплотную, а справа — море. По дороге двигалось два эскадрона конницы, батальон пехоты и 10 автомашин Истребители атаковали колонну с тыла пулеметным огнем.

При пикировании огонь переносился по глубине колонны. После первой атаки все перемешалось. Автомашины, пытаясь развернуться и уйти обратно, застряли; пехота в беспорядке и панике металась из стороны в сторону; конница спешилась, а лошади, напуганные шумом моторов и трескотней пулеметов, давили не только своих всадников, но и пехотинцев. Отступать застигнутой врасплох колонне было некуда.

Вот другой пример успешных действий правительственных истребителей на том же фронте против неприятельского десанта.

Мятежники высадили десант с целью отрезать отступление республиканских войск. Находящаяся на этом фронте небольшая группа истребителей республиканцев произвела в этот

день уже три вылета для атаки наземных войск мятежников и для отражения воздушного противника. Командир группы истребителей еще не успел доложить командованию о результатах выполнения задания, как получил новое приказание — атаковать высадившийся десант и не допускать его выхода во фланг отходящих правительственных войск.

Все истребители вылетели в четвертый раз на выполнение задачи. При подходе к указанному району истребители заметили, что по дороге двигается около 60 грузовиков и до трех эскадронов марокканской конницы. Истребители зашли с тыла и в первой же атаке подбили несколько автомашин. Вся конница немедленно остановилась и рассеялась небольшими группами. Истребители неоднократно заходили вновь для атаки, пока не были израсходованы все патроны.

В результате удачных действий истребителей предполагаемое наступление мятежников было задержано, а высадившийся десант перестал существовать как боеспособная часть. Большинство автомашин и конница были уничтожены.

Итак, необходимо помнить, что неожиданной атаки самолетов нужно ждать в самые критические моменты боя и быть наготове встретить неприятеля спокойным организованным огнем.

В период затишья меньше всего можно ожидать нападения воздушного врага, — главная работа по применению самолетов для обстрела живых целей выпадает на время боев; при этом отряжаются особые группы самолетов (из двух-трех отрядов) для бомбометания и обстрела войск противника, с приурочением действий этих групп к моменту окончания артиллерийской подготовки; кроме того, вся авиация во время боя полностью несет работу большей частью над полем боя и в ближайшем его тылу.

Потери, которые несут войска при атаке их с воздуха, сравнительно невелики, поэтому авиации в современных условиях не ставятся задачи полного уничтожения атакуемой живой силы.

Одно из основных свойств авиации — подвижность, значительно превышающая подвижность всех других родов войск. Она придает действиям с воздуха высокую степень внезапности.

Скорость движения самолета, достигающая в момент атаки 90—100 *м/сек*, является одним из главных элементов, увеличивающих трудность попадания в самолет.

Для действительности пулеметного огня обстрел живых целей должен сопровождаться снижением самолетов на высоты весьма малые (до 100 *м* и меньше), причем здесь авиация несет большие потери, в особенности тогда, когда наземный противник не отвлечен выполнением наземной задачи и зенитные части не поддались панике.

Для атак наземных войск обычно применяются специальные боевые авиационные отряды, снабженные самолетами, которые в силу специальных условий работы этих отрядов должны удовлетворять следующим требованиям:

а) большая вертикальная и горизонтальная скорость;

б) чрезвычайная подвижность и маневренная способность;

в) сильное вооружение для стрельбы вперед и вниз, кроме подвижных пулеметов самозащиты;

г) наличие брони для прикрытия мотора и пилота.

В случае отсутствия у противника специальных отрядов последний будет пользоваться одноместными истребителями и самолетами других назначений, что мы и видели на войне в Испании.

Атаки войск выполняются с использованием внезапности, а потому появление воздушного врага следует ожидать из-за возвышенностей, из-за облаков, подхода с проектированием на солнце, подхода с тыла, наконец, с полузаглушенным мотором (глушитель, малый газ и пр.), а также пикирования для осуществления неожиданного удара.

При подходе, когда самолет знает, что он обнаружен и находится в сфере огня, он старается различными эволюциями ставить себя в положения, невыгодные для обстрела с земли, одновременно стараясь атаковать с возможно меньшей высоты, ибо пулеметный обстрел с высоты, большей 500 *м*, теряет свой смысл вследствие незначительной его действительности и того, что моральный эффект, производимый обстрелом на войска противника, значительно понижается при повторных атаках.

Атака со стрельбой из пулеметов, жестко закрепленных на самолете, обычно выполняется путем крутого планирования самолета на цель, причем учитываются все причины, влияющие на траекторию пуль. Наибольшего успеха пытаются всегда добиться комбинированной атакой бомбами и пулеметным огнем.

Сведений о действительности огня по наземным войскам в боевых условиях на основании опыта минувших войн мало; описываемые эпизоды удачных атак с воздуха являлись, главным образом, следствием морального впечатления. Успехи эти не ввели в заблуждение авторитетные указания официальных руководств, которые определенно говорят, что при атаках наземных войск нужно рассчитывать не на огонь, который является мало действительным, а на моральное впечатление.

Чем, однако, можно объяснить те поразительные результаты, которые получаются на опытных стрельбах с самолетов по мишеням?

Чтобы проверить действие атакующей авиации против наземных целей, еще летом 1925 г. на полигоне Келли было произведено несколько опытов.

Первый опыт. Два аэроплана-боевика, имеющие по четыре неподвижных пулемета каждый, произвели атаку по мишеням, представляющим роту пехоты во взводной колонне, и получили 489 попаданий из 971 выстрела; 152 мишени из 164 были поражены.

Второй опыт. По 200 мишеням, представлявшим пехоту в закрытии и расположенным на площади 75 × 95 *м*, произвели атаку три аэроплана, имевшие по 10 осколочных бомб каждый.

Было брошено 29 бомб, которые дали 475 попаданий в 128 мишеней; 64 мишени были совершенно уничтожены.

Третий опыт. На цель, представляющую батарею полевой артиллерии с интервалами между орудиями около 18 *м* и с 32 мишенями, изображающими орудийный расчет, одно звено из трех самолетов сбросило 30 бомб, которые дали 276 попаданий, поразив все, кроме четырех мишеней.

Осколки бомб пробили зарядные ящики, и можно предположить, что они зажгли бы или взорвали патроны.

В США опыты дали еще лучшие результаты.

Находящиеся на Гавайских островах истребительные отряды № 6 и 19 достигли высокого уровня совершенства в стрельбе по наземным целям.

Для проверки результатов стрельбы были установлены бумажные четырехугольные мишени (размером 1,8 × 3 *м*) с наклоном в 45°.

Каждое попадание в мишень зачислялось за одно очко.

Атака по наземным мишеням производилась одним из нижеуказанных способов:

а) подход спереди с пикированием под углом в 45°;

б) подход справа или слева с поворотом на 90° и пикирование под углом в 45°;

в) подход сзади с разворотом на 180° непосредственно над целью и пикирование под углом в 45°.

Испытания дали отличные результаты: отряд № 6—72%, отряд № 19—71%.

Лучшие индивидуальные достижения — 98%.

У нас результаты стрельб по мишеням, по данным авиачастей, ничуть не уступают иностранным.

Приводимые сведения из опытов США также примерно относятся к 1925 г.

Полагаем, что достижения в стрельбе за 13 лет должны были бы еще повыситься.

Затрудняемся объяснить противоречие между результатами опытов и выводом: огонь по наземным целям мало действителен, и главная цель атак — моральное воздействие. (Действительность огня как с самолетов по наземным целям, так и обратно — по самолетам, в обстановке, возможно близкой к боевой, необходимо выяснить, организовав опыты при совместном участии представителей наземных и воздушных сил.)

Самолет, предназначенный для атак с воздуха, — штурмовик (боевик), двухместный самолет. В случае особой важности на ответственных участках в периоды напряженных боев могут быть привлечены для атак истребители и разведчики.

Штурмовик является основным средством поражения наземных войск бомбами и пулеметным огнем; он действует с бреющего полета (от 50 до 25 *м*). Вооружение штурмовиков отличается большим количеством мелких, подчас разнотипных бомб и пулеметами (пулеметные батареи), стреляющими вперед и вниз

(рис. 40 и 41). Скорость, маневренность, внезапность являются для штурмовиков защитой, уменьшающей уязвимость их от

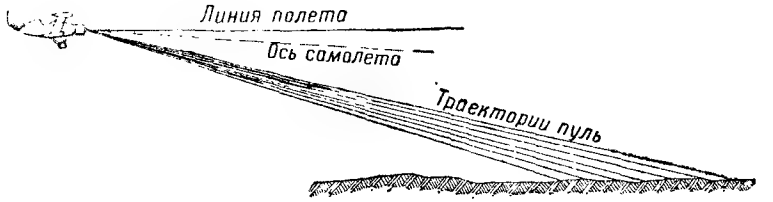


Рис. 40. Стрельба с бреющего полета пулеметной батареи самолета (*вид сбоку*)

огня наземных средств ПВО, а вооружение позволяет наносить комбинированный удар: бомбы, пулеметный огонь, химические вещества.

Основным средством поражения войск являются все же бомбы. Но атака наземных войск на бреющем полете возможна только с использованием пулеметов, иначе штурмовики могут понести тяжелые потери.

Бомбы с замедленным действием взрывателей, сброшенные на бреющем полете, рвутся и поражают противника только после ухода штурмовиков на безопасное для них расстояние. Следовательно, небронированный штурмовик без мощного пулеметного огня остается без защиты против *огня наземных* средств ПВО как при подходе к цели, так и над целью и при уходе от нее. Только хорошая маневренность и вооружение штурмовиков достаточным количеством пулеметов — пулеметными батареями, а также турельными пулеметами, обеспечивающими обстрел в стороны и назад, — позволяют штурмовикам захватить *инициативу* боя.

Необходимо заметить, что эффективность огня турельных пулеметов снижается вследствие быстрого углового перемещения линии прицеливания. Однако они необходимы как средство самозащиты от воздушного противника.

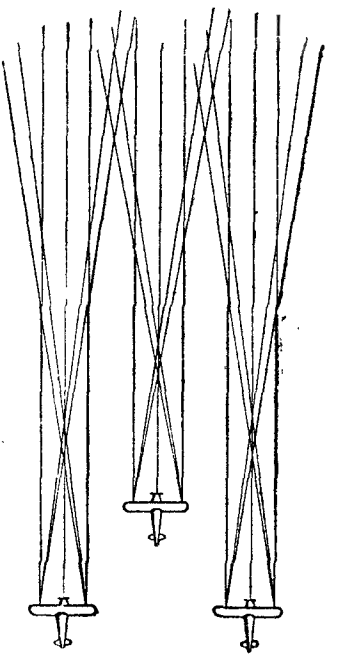


Рис. 41. То же, вид плана. На каждом самолете показано по 7 пулеметов

Бронированные самолеты широкого применения пока не получили, так как они тяжелы, не маневренны и мало грузоподъемны, но несомненно, что они скоро завоюют свое место и будут нормальным и единственным видом штурмовиков.

Для „ослепления" войск и огневых точек с целью прикрытия своих действий штурмовая авиация применяет дымовые приборы.

Описанный самолет типа „штурмовик" является главным активным врагом, но в случае необходимости для атак наземных войск применяются самолеты-истребители и разведчики.

Выполнение атак с воздуха. 1. Задачи обстрела пулеметным огнем и бомбардирование живых целей выполняются отрядами не менее 6 самолетов, сводимых для достижения решительного успеха в группы.

2. Внезапность — главное условие успеха атаки с воздуха. Подход к цели производится из-за возвышенностей, облаков, с тыла, со стороны солнца, с полузаглушенным мотором.

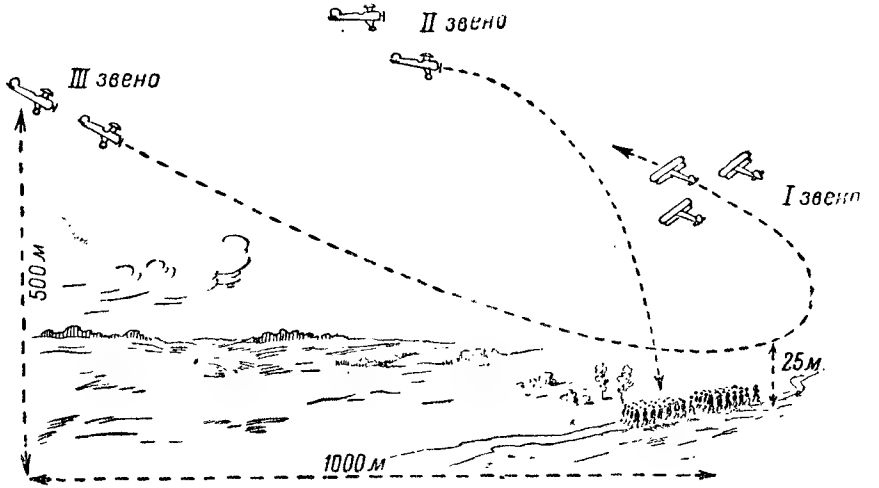


Рис. 42. Схема выполнения атаки с воздуха

3. Атака с воздуха ведется рядом ударов звеньев (3 самолета) или отрядов, следующих одно за другим и комбинирующих пулеметный обстрел с бомбардированием осколочными бомбами.

4. Выход из атаки производится проходом атакуемого на малой высоте и на большой скорости и вновь набирая высоту вне сферы его огня.

Примерная организация атаки штурмующего отряда (рис. 42). Первое звено, открыв пулеметный огонь с высоты около 500 *м* при дистанции 1 000 *м*, проскакивает на высоте около 25 *м* над противником и, развернувшись, становится за третьим звеном для второй атаки осколочными бомбами.

Второе звено под прикрытием огня первого звена подходит для бомбардирования с высоты, после чего, развернувшись, становится за первым звеном для второй атаки пулеметным огнем.

Третье звено открывает пулеметный огонь, как первое звено, затем бомбардирует и т. д.

Из рассмотрения действия самолетов против наземных войск ясно, что трудности ведения огня по ним с земли возникают

из того морального впечатления, какое производит группа самолетов при атаке наземных объектов, и быстроты движения, в особенности на малых высотах, при так называемых „бреющих полетах".

Хотя при обстреле самолетов, проходящих в стороне, указанные выше главные элементы, составляющие трудность стрельбы, отсутствуют, однако и здесь есть свои особенности, затрудняющие ведение огня: большая дальность и фланговое движение авиацели будут условиями стрельбы более трудными, чем движение цели прямо на пулеметы.

Говоря о наземных целях, являющихся объектами атак самолетов, мы будем иметь в виду преимущественно зенитно-пулеметную позицию и такие положения, когда эффективность действия самолета может повлиять на понижение меткости огня по нему с земли.

Целями для самолета тогда будут:

1. Сам пулемет. При стрельбе с бреющего полета живая сила пули будет настолько велика, что она может пробить кожух пулемета, помять коробку возвратной пружины или даже разбить короб, в особенности правую стенку у выреза.

2. Четыре-пять человек пулеметного состава. Конечно, все они будут в момент атаки в положении стоя; впрочем, надо отметить, что против самолетов такое положение выгоднее, и чем самолет будет ближе к зениту, тем видимая им площадь цели будет становиться меньше.

Можно полагать, что при изменении угла места цели ε от 0° до 90° площадь цели будет уменьшаться от 0,6 до 0,1 $м^2$. Так как угол, равный 0°, для самолета является теоретическим, будем в среднем считать площадь одного человека равной 0,4 $м^2$, а всю позицию с пулеметом около 2 $м^2$.

Итак, стрельбу с самолета по позиции одного пулемета надо признать стрельбой по „точке", вряд ли доступной для прицельной стрельбы с самолета.

Авиационные прицелы пристреливаются примерно на дистанции 400—600 *м*. На эти расстояния траекторию пули можно принять за прямую, т. е. с поражаемым пространством, равным дистанции по линии цели, но при стрельбе с больших расстояний, например с 1 000 *м*, чем меньше будет угол наклона самолета к горизонту, тем больше будет недолетов, и обратно: при больших углах наклона самолета недолетов будет меньше.

Отсюда по малым целям — точкам — огонь открывается не ближе как с 500—600 *м*. Но при скорости самолета 70—80 *м/сек* и при пикировании удерживать свое направление на цель, не доходя до нее 200—300 *м*, рискованно, так как можно врезаться в землю. За промежуток времени 4—5 сек., необходимого для прохождения 600—300 = 300 *м*, самолет успеет выпустить из пулемета, с темпом стрельбы 15 выстрелов в секунду, 60—70 пуль, что составит около 150 пуль при стрельбе из двух пулеметов, разбросанных на площади круга радиусом примерно в 15 *м*. Полагаем, что вследствие трудности прицеливания, колебания само-

лета, волнения наводчика (пилота) радиус рассеивания будет в шесть — восемь раз больше такового при наземной стрельбе.

Итак, площадь рассеивания равняется $\pi R^2 = 3{,}14 \times 15^2 = 700\ м^2$. Площадь же пулеметной позиции, как мы подсчитали выше, будет равна $2\ м^2$, или, при условии совмещения средней точки попадания с центром цели, вероятность попадания $B = \frac{2 \cdot 100}{700} \approx 0{,}3\%$. Число выпущенных пуль — 150, отсюда можно рассчитывать только на попадание 5 пуль из двух пулеметов.

Даже при таком подсчете, с уклоном в пользу самолетов (мы взяли случай совмещения средней точки попадания с серединой цели), и то видно, что борьба будет неравной, в пользу зенитчиков.

Правда, самолеты поодиночке не атакуют, но массирование пулеметов на позиции еще проще, огонь будет открыт по самолету раньше, и действительность огня во много раз выше, пулемет устойчивее и работа наводчика свободнее. Отсюда главное—является уверенность в своем превосходстве, спокойствие, присутствие духа, и победа обеспечена.

Что касается обстреливания наземных целей с турели спаренными пулеметами, то таковое не всегда может быть совмещено со стрельбой из переднего пулемета, так как самолет должен проходить в стороне, чем уменьшается производимое им моральное впечатление; что касается действительности огня, то она, даже по подсчету летчиков, которые, конечно, более склонны преувеличивать ее в свою пользу, соответствует попаданию 100% в площадь $50\ м^2$. При этом на $2\ м^2$ зенитной позиции придется всего $3—4\%$. Полагая, что летнаб сможет обстреливать точку на отрезке своего пути в 200—400 *м*, он успеет выпустить 50—60 пуль, из которых попадут 1—2 пули. Но в данных условиях и с земли действительность огня должна увеличиться, так как один из существенных факторов, производящих моральное впечатление на наземные войска, сильно понизится.

С точки зрения некоторых опытных летчиков атака наземных войск из пулеметов летнаба является менее целесообразной. Здесь принцип внезапности соблюсти труднее, чем при атаке передними пулеметами, так как на больших скоростях летнабу стрелять очень трудно вследствие быстрого углового перемещения линии прицеливания, а также в силу бокового давления встречного потока. При ограниченности запаса патронов в магазинах пулеметов большого поражения ожидать трудно. Стрельбу из пулеметов летнаба по наземным целям можно рассматривать лишь как дополнение к стрельбе из передних пулеметов.

Штурмовик обычно имеет на борту от 6 до 8 и более пулеметов.

Главное назначение его — обстреливать большие войсковые соединения.

Обычно здесь пулеметы устанавливаются не по линии полета, а под углом вниз к оси самолета.

В этом случае вся атака выполняется на горизонтальном полете.

Штурмовые действия подобных специального назначения самолетов хотя и весьма серьезны, но так как отдельные пулеметные позиции не являются их объектами, то с точки зрения последних эти штурмовики должны быть отнесены к целям пассивного характера.

В настоящем изложении мы хотели, хотя бы весьма приблизительно, выяснить соотношение огневой силы воздушного врага и наземного — пулемета.

В результате пришли к выводу, без всякой предвзятости, что таковые почти равны и что повышение действительности стрельбы зенитчиков зависит главным образом от повышения морального состояния стрелков, которое для Красной Армии можно считать обеспеченным. Но все же требуется наивозможно тщательный отбор зенитчиков, это с одной стороны, и с технической стороны — увеличение темпа стрельбы.

Влияние ветра на полет самолета

Ветер оказывает влияние на самолет, как течение на лодку (рис. 43).

Обозначим абсолютную скорость самолета относительно земли через v_c, скорость его относительно воздуха — v_0, скорость ветра — u.

Угол между направлением скорости ветра и самолета — α.

Из рисунка получаем следующие зависимости:

$$v_c = OA = \sqrt{v_0^2 + u^2 \pm 2v_0 \cdot u \cos \alpha},$$

при $\alpha = 0°$ или $180°$

$$v_c = v_0 \pm u,$$

при $\alpha = 90°$

$$v_c = \sqrt{v_0^2 + u^2}.$$

Угол между направлением продольной оси самолета и направлением v_c называют углом сноса.

В формуле знак минуса относится к встречному ветру и знак плюса — к попутному ветру.

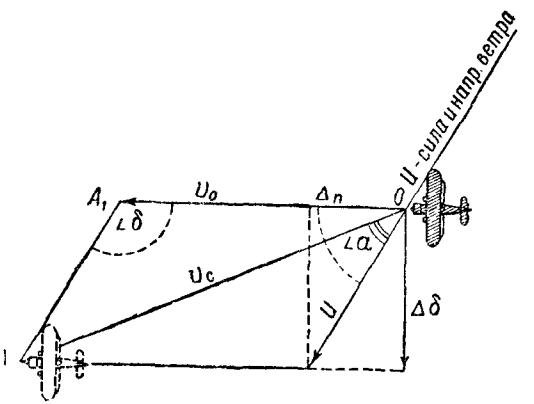


Рис. 43. Влияние ветра на скорость и направление движения самолета

Вообще влияние ветра на величину скорости самолета может быть довольно значительное, в особенности, когда направление

ветра совпадает с направлением движения самолета, угол α равен 180° или 0°.

Для определения необходимого уклонения линии выстрела (упреждения) необходимо скорость (v_c) самолета умножить на время полета пули.

Пример. $D_c = 1\,000$ *м*, $t = 2''$, $u = 20$ *м/сек*, $v_0 = 60$ *м/сек*, $v_c = 80$ *м/сек*, $\alpha = 0$, $У = 80 \cdot 2 = 160$ *м*; $\alpha = 180°$, $У = 40 \cdot 2 = 80$ *м*, где $У$ — упреждение.

Скорость самолета при пикировании с выключенным мотором определяется по выводимой в аэродинамике формуле

$$v = \sqrt{\frac{G}{\rho \cdot S(C_x + C_{xв})}},$$

где G — вес самолета,
S — площадь крыльев,
ρ — плотность воздуха,
C_x — коэфициент сопротивления всего самолета,
$C_{xв}$ — коэфициент сопротивления винта.

При работающем винте определение скорости значительно сложнее.

ПРОБЛЕМЫ СТРЕЛЬБЫ ПО САМОЛЕТАМ И ИХ ОСОБЕННОСТИ

В главе „Балистические свойства пули" мы не касались ни объектов стрельбы, ни тех посторонних причин, которые могут оказать действие на полет пули. Поэтому свойства траектории пули и ее элементов рассмотрены исключительно теоретически и относятся только к средней траектории, т. е. траектории воображаемой, которая при стрельбе реально может и не существовать.

При изучении особенностей самолета как авиацели и прочих условий реальной стрельбы можно заметить, что основные данные первой главы о балистических свойствах пули должны быть использованы с наибольшей выгодой для действительности огня, а это является основной проблемой для наших достижений.

Как и в первой части, мы стремимся свои рассуждения и выводы ориентировать на таблицы, наилучшим образом характеризующие сложные зависимости факторов стрельбы, зачастую неожиданно вскрывающие особенности, имеющие практическое значение. Приведем примеры из первой части.

У многих сложилось, например, мнение, что с увеличением угла места цели для получения той же дистанции углы прицеливания уменьшаются, однако при больших углах прицеливания α таковые начинают сначала увеличиваться, затем уменьшаются и, наконец, делаются равными α_0 и при дальнейшем увеличении углов места цели продолжают уменьшаться.

Факторы, облегчающие стрельбу по самолетам по сравнению с наземной стрельбой

Итак, главными основными данными, характеризующими стрельбу по самолетам, являются особенности балистических свойств пули при стрельбе под большими углами возвышения, самолета как авиацели и метеорологические условия.

Эти три фактора влекут за собой целый ряд зависящих от них новых элементов. Собрать и систематизировать сложную зависимость явлений, сопровождающих стрельбу по самолетам, с той логической научной последовательностью, с какой изложены они для наземной стрельбы, неизмеримо труднее. Вопрос этот еще и в настоящее время можно назвать новым, в особенности для малокалиберного оружия, несмотря на то, что прошло уже пятнадцать лет с тех пор, как он разрабатывается при мирных условиях. Объясняется это отчасти тем, что первое время по окончании войны в военных кругах стрелковому оружию не придавали достаточного значения в борьбе с самолетами, т. е. недооценивали его, отчасти вследствие недостаточно серьезного отношения к этому вопросу и отчасти ввиду ненаучного подхода к его решению. Однако, чем глубже изучаешь вопрос, тем больше и больше убеждаешься, что без самого тщательного, еще раз повторяем — научного изучения природы огня по самолетам технические средства и правила стрельбы идейного развития не получат.

Указанные особенности условий стрельбы по самолетам имеют положительные стороны, т. е. такие, которые или облегчают стрельбу (по сравнению с наземной), или невыгодны для самолета, но имеются и затрудняющие. Последние значительно превалируют над первыми.

К первым можно отнести следующие:

1. Из табл. 6 и 7 (в конце книги), дающих превышения траекторий над линиями цели, наглядно видно, что при стрельбе на одну и ту же дистанцию по линии цели траектории становятся настильнее и поражаемые пространства больше с увеличением углов места цели; при углах места цели больше 50° траектория выше двух метров не поднимается, т. е. получится так называемый прямой выстрел.

2. Хотя, как было выше указано, самолет и старается подойти к своему объекту скрытно, пользуясь складками местности, массивами леса, со стороны солнца, однако на практике это выполнить не так-то легко, и самолет перед наземными войсками проектируется на фоне неба отчетливым силуэтом — как точка прицеливания на мишени.

Особенно неприятное положение экипажа самолета бывает, когда он пытается подойти скрытно, под покровом ночной темноты, и попадает в лучи прожектора.

3. Шум мотора является предательским элементом особенностей самолета как авиацели.

4. Хотя жизненная часть самолета невелика, но зато требуется

и небольшое число пуль — иногда одна, чтобы заставить самолет снизиться.

5. Самолет представляет цель, несущуюся с огромной быстротой. Нетрудно себе представить, какова будет точность стрельбы с самолета, и понятно, что воздушный враг рассчитывает больше на моральное впечатление, чем на действительность огня.

6. Самолет, чтобы не потерять своего главного боевого свойства—быстроты маневрирования, не может отягчать себя большим запасом огнеприпасов, а потому производство повторных атак одним и тем же самолетом ограничено.

7. Отказ в работе оружия (задержки в пулеметах) ослабляет его огонь, а иногда выводит совсем из боя. Положение самолета становится критическим, так как раз он пошел с пикированием в атаку, резко изменить свое решение он не сможет и принужден будет совершенно беззащитным ринуться в сферу ожесточенного огня наземного врага.

Итак, нами отмечено уже семь пунктов, говорящих не в пользу самолета как авиацели и активного врага, но это перечисление далеко не полное, и можно наметить еще много подобных невыгодных для самолета свойств, но все-таки мы должны повторить, что они далеко уступают тем трудностям стрельбы, какие вызываются особенностями самолета как авиацели, к которым мы и переходим.

Факторы осложнения стрельбы по самолетам по сравнению с наземной стрельбой

1. Стрелять под большими углами возвышения лежа при существующих технических средствах невозможно, приходится стрелять стоя, с высокой установки, чем демаскируется положение позиции и предоставляется хорошая цель противнику, если предварительно не оборудована позиция.

2. Возможность появления врага со всех сторон — в любой точке пространства.

Неудобство действия при пулемете, трудность наблюдения и постоянная готовность к стрельбе вызывают большую напряженность.

3. Стрельба под большими углами возвышения требует более искусной подготовки, чтобы гарантировать от задержек в пулемете.

4. Задержка является бо́льшим злом, чем при наземной стрельбе.

5. Заряжание пулемета, устранение задержек, охлаждение и питание патронами — все это много сложнее, чем при стрельбе, близкой к горизонтальной.

6. Если по „Началу“ Сан-Роберто при изменении углов местности до 10—15° все элементы траектории — ее дальность, форму и т. д. можно считать постоянными, то здесь дело обстоит совершенно иначе: из таблиц первой части мы наглядно видим, что угол места цели оказывает большое влияние на ее элементы.

Так, например, с увеличением углов места цели дальность полета пули увеличивается, а так как угол места цели при стрельбе по самолету непрерывно меняется, то условия стрельбы становятся разными, отсюда должна меняться и установка прицелов.

7. Колоссальная быстрота движения самолета ставит стрельбу по нему в условия совершенно иные, чем по наземным движущимся целям. За время полета пули, направленной прямо в него, он далеко уж пройдет то место, через которое пролетит пуля. Таким образом оказывается, что пулю надо было направлять на какое-то расстояние впереди самолета в направлении его движения. Расстояние, на которое упреждается самолет, называется „упреждением".

Величины упреждений зависят от скорости движения самолетов и расстояния до него, т. е. от времени полета пули, и выражаются или в линейных единицах или в угловых, обычно в тысячных расстояния. Уловить точку, куда должно быть направлено оружие впереди самолета, чрезвычайно трудно.

8. Упреждение берется в направлении движения самолета, однако трудно по очертанию самолетов определить точно это направление.

9. Расстояние до самолета за отсутствием ориентиров определить на-глаз очень трудно.

10. Самолет непрерывно движется, а потому расстояние до него также непрерывно меняется, и определенное расстояние редко будет соответствовать действительному.

11. На величину упреждения, как было уже сказано, кроме расстояния, влияет и скорость полета самолета; определение скоростей является делом еще более трудным, чем определение расстояния, ввиду большого диапазона последних.

Определение скорости самолета по его типу хотя и практикуется, но доступно только очень опытному наблюдателю, так как типов самолетов очень много и запомнить их видимые признаки трудно.

На скорость и направление самолета оказывает большое влияние ветер: встречный уменьшает скорость, попутный увеличивает, боковой создает облическое движение, затрудняющее определение истинного направления полета. Скорость пикирующего самолета больше горизонтальной, а кабрирующего меньше.

12. Камуфляжная окраска самолета вводит наблюдателя в ошибку при определении действительного направления полета.

13. Длительное напряженное наблюдение за небом, часто против солнца, быстро утомляет зрение, чему способствует также откинутое положение головы.

14. Быстрота движения цели затрудняет удержание ее на мушке.

15. Отсутствие рикошетов отнимает чрезвычайно ценный прием стрельбы по наземным целям — ведение пристрелки.

16. Пули, попавшие в нежизненную часть самолета: крылья, фюзеляж и т. д., — не оказывают на стрелка никакого впечатления.

17. Возможность в любой момент неожиданного появления воздушного врага требует большой, напряженной бдительности, что сильно утомляет стрелка.

18. Само по себе неожиданное появление вызывает суету и тем понижает действительность огня.

19. Моральное впечатление неожиданного появления самолетов со стрельбой и шумом моторов над головами неопытных и необстрелянных зенитчиков не может не отразиться на их спокойствии и действиях.

20. Огонь из пулеметов и сбрасывание бомб сверху хотя и мало действительны, однако назвать их совершенно безопасными нельзя.

21. Совокупность всех указанных условий сказывается очень большим радиусом рассеивания пуль.

22. Скоротечность боев делает время обстрела кратким, что влечет за собой недостаточное количество выпускаемых за этот промежуток времени пуль.

Все сказанное вызывает ничтожное поражение самолетов.

23. Видимость сверху, даже с дистанций, превышающих действительность огня, т. е. бо́льших 1000 *м*, для самолетов является иногда достаточной, чтобы обнаружить местонахождение позиции пулемета. Отсюда вытекает трудность маскировки.

Уже приведенных условий стрельбы, полагаем, достаточно, чтобы признать почти невозможным применение способов наземной стрельбы, когда для придания выстрелу направления производится учет всех внешних условий, — на это при стрельбе по авиацелям нехватит ни времени, ни человеческих способностей.

Заканчивая этим перечень особенностей, усугубляющих трудности стрельбы по самолетам, нельзя не отметить, что перечислены еще далеко не все трудности.

ПРИРОДА ОГНЯ ПО САМОЛЕТАМ

Совокупность особенностей стрельбы по самолетам, которым мы не нашли другого названия как „природа“, многими недооценивается. Некоторые из них являются очевидными без изучения, другие обнаруживаются лишь при глубоком и сосредоточенном внимании и сами по себе столь своеобразны, что граничат с аномалиями, требующими разрешения и расшифровки.

Хотя некоторые факторы, создающие условия стрельбы по самолетам, нами еще детально не изучены, тем не менее это не помешает нам перейти к изучению намеченной темы — „Природа огня по самолетам“.

Действительность огня по самолетам из стрелкового оружия

С привычной пехотным частям точки зрения действительность огня в бою измеряется количеством потерь, нанесенных противнику в единицу времени с наименьшей затратой патронов.

В борьбе с самолетами данное определение этого термина применено полностью быть не может, так как время нам диктуется скоростью движения самолета, т. е. его нахождением в секторе возможного обстрела; число же выпущенных патронов есть непосредственное отсюда следствие.

Основным и доминирующим фактором всей задачи зенитной стрельбы является: во что бы то ни стало отразить грозящую опасность, поэтому при настоящем положении техники принимать в расчет расход патронов не приходится. Пожалуй, в борьбе с самолетами будет правильнее термин „действительность огня" определять отношением числа сбитых самолетов к числу эпизодов обстрела их за определенные промежутки времени военных действий.

На основании опытов и теоретических расчетов во „Временном наставлении по стрелковому делу" изд. 1932 г., была приведена нижепомещаемая таблица ожидаемых попаданий при стрельбе по самолетам на различные дистанции, в зависимости от способа ее определения.

Таблица возможных попаданий в процентах, в зависимости от дистанций до цели

Дистанции в *м*	Определение дистанций и скоростей		
	приборами	лирой и по типу самолета	глазомером
200	10	10	—
300	5	5	—
400	3,1	3	1,4
500	2,4	2,1	1,2
600	2	1,4	1,0
700	1,7	1,1	0,8
800	1,4	0,8	0,7
900	1,2	0,6	0,5
1 000	1	0,5	0,5
1 100	0,8	0,4	0,4
1 200	0,6	0,3	0,2
1 300	0,4	0,2	0,2
1 400	0,3	0,1	0,1

Сравнение результатов нижеприведенных стрельб с данными таблицы показывает, что при стрельбе с прицелом обр. 1928 г. процент попаданий значительно ниже намеченных в таблице, так как конструкция этого прицела не рассчитана на изменение дистанций во время стрельбы.

Выборка из результатов стрельбы по рукавам-пилотам на КУКСе

Оружие — станковый пулемет Максима.
Установка — тренога обр. 1928 г.
Прицел — обр. 1928 г.
Скорость самолета — от 35 до 50 *м/сек*

№ стрельб по порядку	Число и месяц	Число выпущенных пуль	Число попавших пуль	% попавших пуль	Параметры цели в *м*	Количество пораженных рукавов
1	2	3	4	5	6	7
	1928 г.					
1	3/II	700	9	1,3	$h = 200$ $k = 200$	2
2	28/V	540	2	0,4	$h = 500$ $k = 300$	1
3	28/V	400	3	0,8	$h = 100$ $k = 1\,500$	1
	1933 г.					
4	27/III	300	3	1	$h = 600$ $k = 0$	
5	29/IV	1 400	10	0,7	$h = 1\,000$ $k = 200$	
6	12/VIII	210	2	1	$h = 500$ $k = 0$	
7	19/VIII	276	4	1,5	$h = 300$ $k = 400$	

Из приведенной на стр. 79 таблицы видно, что при условии совмещения средней точки попадания с целью—сбить самолет не должно представлять уж слишком большого затруднения.

Целесообразность стрельбы из пулеметов и винтовок по самолетам подтверждают конкретные данные, например: результаты опытных стрельб при испытании прицелов по рукавам-пилотам (конусам), результаты курсовых стрельб тоже по рукавам-пилотам, эпизоды исторического характера и, наконец, теоретические расчеты, о методах которых будем говорить ниже.

Какое количество патронов приходилось на сбитый самолет в минувших войнах, у нас данных не имеется. Однако постараемся определить его, хотя очень приблизительно, по аналогии с зенитной артиллерией.

Французы считают, что их артиллерия сбила:

в 1916 г.	60 самолетов
в 1917 г.	120 самолетов, т. е. по 22 самолета в месяц ($5^1/_2$ месяцев боя)
в 1918 г.	220 самолетов
Всего за 3 года	400 самолетов

Число выстрелов на один сбитый самолет, по их подсчетам, равнялось: в 1916 г. — 11 000; в 1918 г. — 7 600.

Для 75-*мм* противовоздушных полуавтоматических орудий и гранат обр. 1900 г. это число упало в конце войны до 3 200 выстрелов. Это падение количества расходуемых патронов для вывода из строя одного самолета весьма характерно и показывает значение развития техники и опыта для стрельбы по зенитным целям. Несомненно, в настоящее время это количество в несколько раз снизилось, и теперь уж нередко зенитная артиллерия заставляет отступать целую воздушную эскадрилью, не дав ей выполнить возложенной задачи.

По данным немецкой статистики, в империалистическую войну для вывода из строя одного бойца было затрачено металла в 60 раз больше веса бойца, т. е. $64 \cdot 60 = 3\,840$ *кг*, или около 400 000 пуль.

Если считать число выпущенных пуль для сбития одного самолета обратно пропорциональным отношению веса пули и снаряда, то получим число, весьма близкое к 10 000 000 пуль.

Время нахождения самолета под обстрелом пехоты не превышает 60 сек., за это время пулемет может выпустить около 600 выстрелов. Итак, чтобы сбить самолет, потребовалось бы сосредоточение на позиции около 16 000—17 000 пулеметов.

Французская артиллерия за три года войны сбила 400 самолетов, составлявших 25% всех сбитых самолетов, на долю пехоты приходился 1%, что составит 16 самолетов (400 : 25). Если она затратила на каждый из них по 10 000 000 пуль, то ей этот трофей обошелся в $10\,000\,000 \cdot 16 = 160\,000\,000$ патронов.

Все приводимые статистические данные относятся к периоду, когда не было ни специальных зенитных прицелов и приспособлений, ни правил стрельбы, т. е. когда стрельба по самолетам производилась по принципу поражения наземных целей, и потому несомненно расход патронов был непроизводителен.

Однако такая большая неувязка табличных данных, составленных на основе полигонных опытов и теоретических вычислений, с практическими данными показывает, что в первом случае имеется ошибка, которая до сих пор еще не найдена. Следует отметить, что таблицы составлялись в предположении отсутствия ошибки в наводке и для средней траектории, вычисления же показывают, что ошибка в 5—10° во взятии направления самолета влечет за собой уменьшение процента попада-

ний в три — пять раз. Этот факт не должен пройти без внимания и должен послужить импульсом к дальнейшим работам в этой области как по проведению специальных опытов, так и теоретических изысканий.

Причины, влияющие на действительность огня по самолетам

Действительность огня по самолетам зависит от двух главных факторов:

а) вероятности попадания и

б) практически полезного действия пули.

Вероятность попадания в свою очередь зависит от:

а) меткости стрельбы, т. е. совмещения средней точки попадания с целью;

б) величины рассеивания пуль;

в) от темпа огня, т. е. от числа пуль, выпускаемых по цели в единицу времени;

г) продолжительности стрельбы;

д) размера цели.

Вопрос совмещения средней точки попадания с целью для наземной стрельбы не представляет ничего неясного. Достаточно подойти к мишени, определить положение средней точки по отношению к точке прицеливания, а затем передвинуть мушку на необходимую величину; во время боевых стрельб найти прицел, при котором будут наблюдаться падения пуль перед и после цели.

Совершенно иначе вопрос этот представляется при стрельбе по самолетам — здесь он далеко не ясен и потому трудно разрешим. Ввиду разнообразия условий стрельбы и трудности их учета будем считать, что средняя точка попадания всегда совпадает с точкой прицеливания.

Допустим, что при большом числе отдельных огневых атак средняя точка попадания всегда совпадает с точкой прицеливания, тогда, очевидно, вероятность попадания будет тем больше, чем рассеивание пуль меньше.

Как известно, мерой рассеивания служит вероятное отклонение, а для стрелкового оружия принята за меру рассеивания сердцевинная полоса, равная трем вероятным отклонениям и вмещающая 70% всех попаданий; за меру рассеивания часто также принимается радиус круга, вмещающего 50% лучших пуль, который называется малым радиусом (r), в отличие от радиуса круга (R), вмещающего все пули.

Нужно остановиться на рассмотрении частного случая, когда при несовпадении средней точки попадания меньший малый радиус рассеивания может дать результаты худшие, чем большой, и даже совсем не дать попаданий, если отклонение средней точки попадания от точки прицеливания окажется больше половины полного рассеивания. Однако, как практика и теория показали, опасаться уменьшения малого радиуса не приходится;

наоборот, все старания должны быть направлены к уменьшению радиуса малого круга рассеивания пуль.

Говоря о радиусе рассеивания пуль, конечно, имеют в виду причины несистематические, т. е. так называемые случайные. Однако границы случайных и неслучайных причин для наземной и зенитной стрельб далеко не совпадают. Так, например, при стрельбе по самолетам ветер учтен быть не может, а попытка к этому может принести вред, так как отвлекает внимание от задач не менее важных, но более доступных для разрешения. Французы (по сравнительно старым уставам) еще придерживались учета влияния ветра на траекторию пули, в наставлении же 1934 г. признают целесообразным пренебречь поправкой на ветер, но основываясь не на том, что зенитчики пока бессильны бороться с этим фактором, а якобы на том, что влияние ветра весьма слабо по сравнению с остальными поправками, применяемыми в зенитной стрельбе.

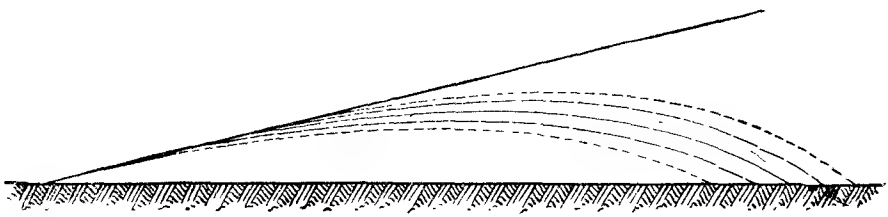


Рис. 44. Рассеивание снопа пуль при настильной стрельбе

Влияние внешних условий на величину рассеивания и форму траектории над линией цели. Непостоянство в различных слоях плотности воздуха и в особенности силы и направления ветра влияют на формы траекторий и трудно поддаются учету, а именно — превышение над линией цели то увеличивается, то уменьшается, вследствие этого и наклонные дальности будут также изменяться.

Наконец, напоминаю характерную аномалию по сравнению с наземной стрельбой: ветер встречный увеличивает дальность полета пули по линии цели, попутный — уменьшает.

Что касается влияния на форму траекторий прочих внешних причин — колебания температуры, плотности воздуха и влажности, то таковые для пулеметной зенитной стрельбы не учитываются ввиду их малости и при настоящих технических средствах ПВО практического значения не имеют.

Рассматривая рассеивание навесных траекторий, мы опять наталкиваемся на аномалии по сравнению со снопом пуль настильных траекторий.

Сноп пуль настильных траекторий схематически может быть изображен рисунком 44, из которого видно, что за весьма малыми исключениями, которые можно назвать случайными, траектории не пересекаются.

Рассмотрим теперь взаимоотношение навесных траекторий (рис. 45) и допустим, что на рассеивание действуют только две причины: одна — разные начальные скорости и другая — различные углы бросания под влиянием дрожания оружия и канала ствола. На рисунке пунктирными кривыми линиями показаны предельные траектории снопа пуль, вылетевших из канала ствола под двумя углами бросания, для максимальной и минимальной начальных скоростей; сплошными кривыми — средние траектории для обоих углов бросания.

Таким образом, проекция снопа пуль на вертикальную плоскость (плоскость стрельбы), как видно из рисунков, принимает

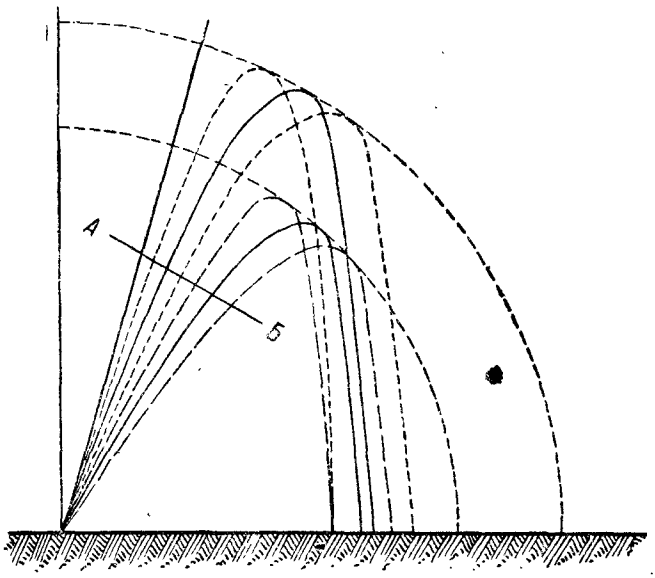


Рис. 45. Рассеивание снопа пуль при навесной стрельбе

совершенно своеобразную форму, а пересечение нисходящей ветви траектории не есть явление исключительное и подвержено известной закономерности. Восходящие ветви снопа навесных траекторий до сечения *АБ* этого явления пересечения траекторий не имеют.

Расстояние до плоскости *АБ* определить очень трудно, но, надо полагать, оно не меньше наклонных дистанций действительного огня по самолетам, а потому с практической стороны сложность взаимоположений траекторий за плоскостью *АБ* значения для изучения и установки правил стрельбы не имеет.

Общие понятия о рассеивании выстрелов подробно и популярно изложены в сочинении Филатова „Основания стрельбы из ружей и пулеметов“ (изд. 1926 г., стр. 107—143), а потому здесь отметим лишь особенности, касающиеся стрельбы по зенитным целям.

Принимая во внимание большую отлогость восходящей ветви траектории при стрельбе под большими углами возвышения, можно a priori сказать, что сноп навесных траекторий на восходящей ветви в направлении превышений траекторий над линией прицеливания будет иметь меньшие размеры, чем при наземной настильной стрельбе (рис. 46 и 46а).

Что же касается рассеивания в направлении линии цели, то здесь наблюдается явление обратное, вследствие более быстрого падения скоростей.

Отсюда выводы:

1. Чем больше угол возвышения, тем меньше рассеивание по перпендикуляру (по высоте) к касательной к средней траектории при всех остальных одинаковых условиях.

2. При тех же условиях рассеивание по линии цели больше.

3. Нет оснований полагать, что угол возвышения может влиять на величину рассеивания в стороны. Отсюда два первых пункта остаются справедливыми и для рассеивания по площади.

Все вышеприведенные рассуждения относятся, конечно, к стрельбе при абсолютно тихой погоде и к стрельбе в одну точку.

В настоящее время опытами установлено, что с увеличением углов возвышения изменяется и угол вылета в положительную сторону, а именно, если угол вылета до 10° равнялся —2′, то при 45° он будет +1′ и при 75° будет +3′. Теоретически этой зависимости установить еще не удалось. Вследствие этого изменения угла вылета, вообще говоря, принимают за случайные явления, влияющие на рассеивание пуль, тем более, что угол вылета зависит не только от дрожания станка, но и от колебательных движений ствола, которые являются функциями давления пороховых газов и скоростей полета пули.

Вопрос этот должен быть всесторонне исследован.

К случайным причинам, влияющим на величину рассеивания пуль, нужно также отнести сваливание пулемета от неправильно поставленного станка. Деривация как балистическое явление требует специального изучения.

Сваливание пулемета влечет за собой отклонение полета пули в сторону сваливания, если задний визир прицела выше переднего, и в обратную сторону, если задний визир ниже переднего.

Чтобы избежать сваливания пулемета, необходимо, чтобы вертикальная ось вращения пулемета была строго отвесна.

Такое положение легко достигается, если площадка, на которую ставится станок, горизонтальна и если есть время правильно поставить станок.

При боевой обстановке такие условия исключительны, и постановка станка производится на-глаз, без отвеса.

Направление и величина свалки, т. е. правильность установки станка на местности, будут явлением случайным, зависящим от местности и обученности обслуживающего персонала.

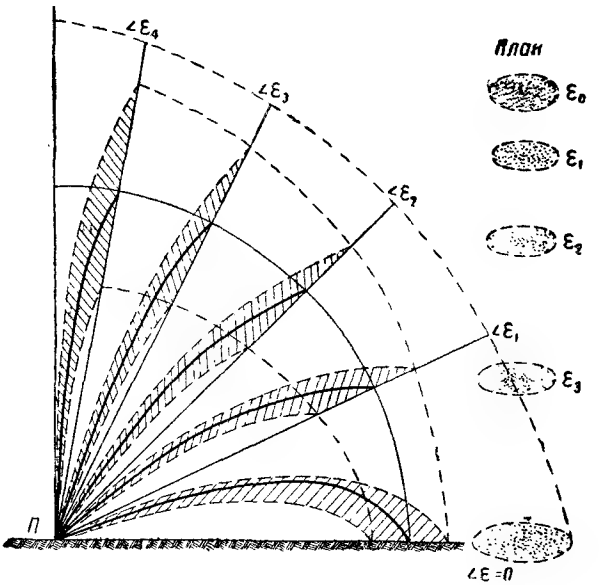


Рис. 46. Схематический рисунок рассеивания по линии цели для наземной и зенитной стрельб

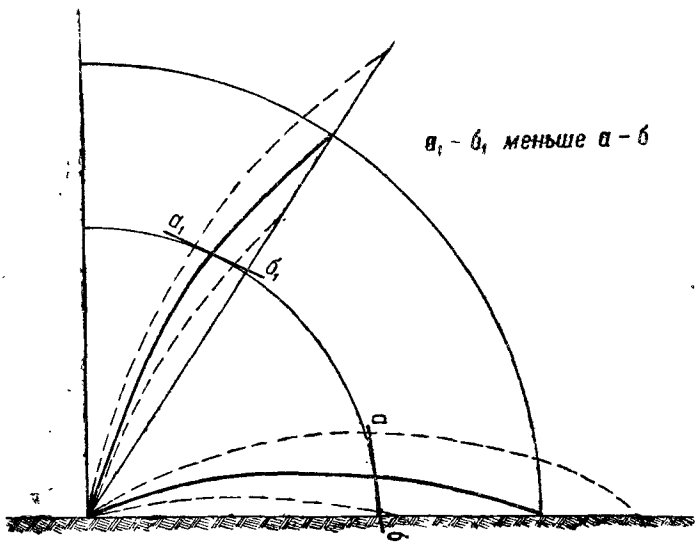


Рис. 46а. То же, в перпендикулярном направлении

Итак, признав, что сваливание пулемета почти неизбежно, посмотрим, какое влияние оно имеет на рассеивание пуль. Допустим, что кроме сваливаиия никаких других ошибок при стрельбе нет.

Точка прицеливания во все время стрельбы восстанавливается, а потому угол прицеливания от сваливания не меняется.

Курс самолета по прицелу берется правильно, т. е., например, в кольцевых прицелах самолет всегда кажется двигающимся к центру кольца. В этом случае величина упреждения, т. е. отклонение нулевой линии прицеливания от линии визирования, будет правильная, но ствол уклонится в сторону, обратную сваливанию, так как в зенитных прицелах обыкновенно передний визир выше заднего, а значит окружность, описываемая им, будет больше окружности, описываемой задним визиром (рис. 47). Из рисунка мы видим, что если при правильной постановке пулемета линия прицеливания направлена в цель *Л*, то нулевая линия прицеливания *ОБ* (т. е. линия, проходящая через центры визиров) будет находиться в одной вертикальной плоскости с осью пулемета.

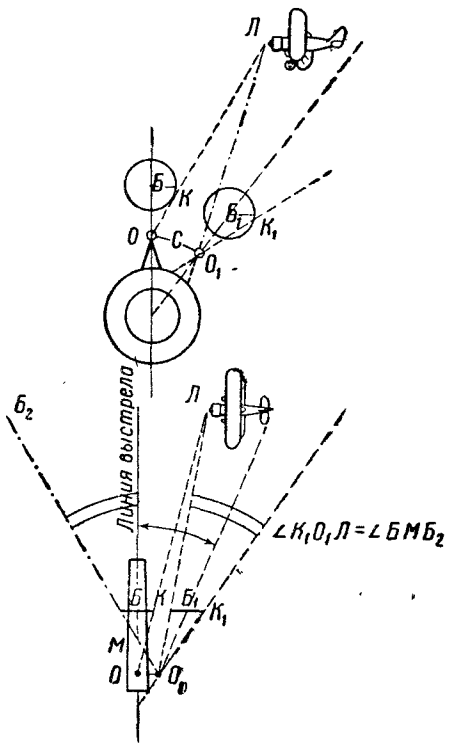


Рис. 47. Влияние на стрельбу сваливания пулемета

При сваливании пулемета вправо на угол *С* задний визир займет положение $О_1$, а передний — $К_1Б_1$, причем точка $К_1$ будет той его точкой, на которую нужно ловить цель. Из рисунка видим, что для того чтобы точка $К_1$ была направлена в цель, необходимо весь пулемет повернуть около вертикальной оси на угол $К_1О_1Л$ влево таким образом, чтобы его ось заняла положение $О_1Б_2$. Вследствие этого упреждение окажется бо́льшим, и пули будут пролетать впереди цели. Следует отметить, что по мере вращения пулемета величина отклонения от сваливания все время будет меняться.

Величина отклонения пули в сторону от сваливания на угол *С* определяется в линейных единицах из формул:

в сторону

$$x = \frac{hD_c}{l} \sin C,$$

вверх

$$y = \frac{hD_c}{l} - \frac{hD_c}{l}\cos C = \frac{hD_c}{l}(1 - \cos C),$$

где h — высота прицела над мушкой,
D_c — дистанция до авиацели,
l — длина прицельной линии.

Наибольшая ошибка будет, когда плоскость стрельбы окажется перпендикулярной к плоскости сваливания, и, наоборот, при совпадении ошибка обращается в ноль: угол $C = 0$.

Итак, полагая сваливание пулемета явлением случайным, колеблющимся до 30—40°, также будет изменяться и радиус рассеивания в зависимости от сектора стрельбы.

Вопроса этого мы еще коснемся в беседе о зенитных установках.

Каковы бывают ошибки в постановках зенитных треног, необходимо убедиться на практике — на маневрах и курсовых стрельбах.

Деривация, вообще говоря, имеет очень малое значение при стрельбе по самолетам. Мы ее коснулись раньше.

Рассмотрев вкратце причины, влияющие на величину радиуса рассеивания пуль при зенитной стрельбе (балистические и метеорологические условия), рассмотрим теперь причины в зависимости от особенностей самолета как авиацели, от квалификации бойцов и от других причин.

1. С точки зрения трудности удержания цели на мушке, скорость самолета, достигающая 100 и более метров в секунду, является одной из главных причин, влияющих на величину рассеивания пуль, в особенности на малых дистанциях.

Скорость самолета может быть рассматриваема как линейная и как угловая.

Допустим, что самолет идет со скоростью 60 *м/сек* на дистанции 1 500 *м*, тогда угловая скорость его будет равняться $\frac{60 \cdot 1\,000}{1\,500} = 40$ тысячных расстояния (рис. 48, фиг. 1). В этом случае кажущаяся скорость его примерно будет равняться скорости человека, прогуливающегося неспеша на расстоянии 25 *м* от пулемета. Если бы самолет пролетел со скоростью 60 *м/сек* на расстоянии 25 *м*, то линейная скорость его, отнесенная к дистанции 1 500 *м*, должна была бы равняться 3 600 *м/сек* (рис. 48, фиг. 2).

Эти обстоятельства объясняют введение бреющих полетов в тактику нападений на наземные войска.

На практике чаще приходится учитывать не полную или абсолютную скорость, а кажущуюся или видимую (рис. 49), представляющую проекцию абсолютной скорости на плоскость, перпендикулярную к линии прицеливания.

2. От расстояния до самолета D_c зависят величина рассеивания и время обстрела самолета; от времени зависит число выпускаемых пуль.

Ошибки в определении скорости полета самолета и дистанции до него влекут ошибку в определении необходимого упрежде-

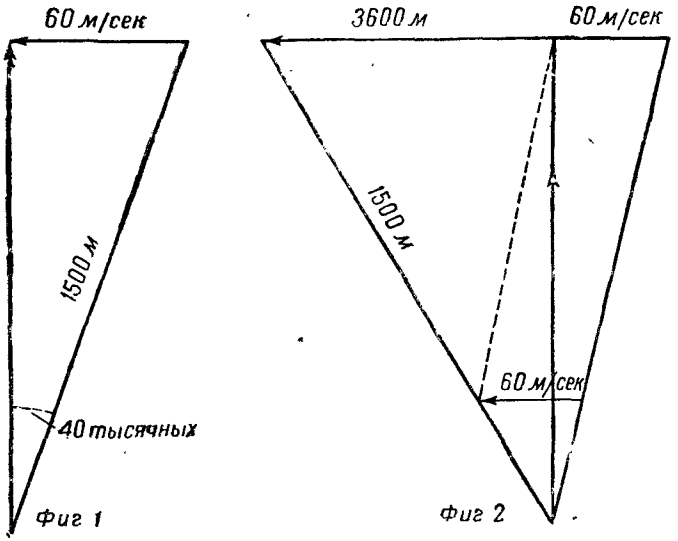


Рис. 48. Угловые скорости самолета

ния, а значит, уклоняют среднюю траекторию от правильного направления, что уменьшает вероятность поражения самолета.

3. Внезапность появления неприятельского самолета несомненно будет иметь влияние на меткость и величину рассеивания пуль, но величина этого влияния будет сильно зависеть от степени морального и психо-физического воспитания бойцов.

4. Малый размер самолета как цели сам по себе также служит фактором, уменьшающим вероятность попадания: маленькая цель, да еще плохо видимая, конечно, затрудняет точность прицеливания. Наконец, за авиацель надо принимать только жизненную часть самолета, которую считают в 2—3 $м^2$; в нее входят: летчик, бак с бензином, мотор и органы управления. Правилами стрельбы рекомендуется всегда целиться в голову самолета, однако это делается не с целью попасть в уязвимые части, а с целью установить однообразие в прицеливании по более ясно видимой части самолета и отчасти из соображений, что самолет, двигаясь вперед, более вероятно встретит летящую пулю, чем при наводке в его середину или хвост.

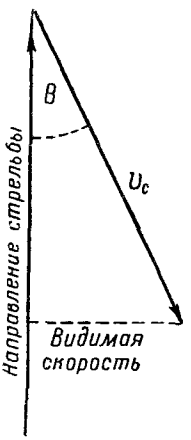


Рис. 49. Видимая скорость самолета

5. Видимость цели. Учитывая указанные выше факторы, влияющие на увеличение рассеивания и методы прицеливания, воз-

душный враг старается сбить стрелка в выборе точки прицеливания, придавая самолету так называемую „камуфляжную окраску", которой стараются вызвать у стрелка обман зрения в отношении направления самолета и замаскировать очертания.

6. Освещение. Проектирование на ярком фоне неба или на солнце сильно понижает меткость, так как затрудняет наводку.

7. Туман закрывает очертания и тем затрудняет прицеливание.

8. Нарастание ошибки в учитываемом прицелом расстоянии и скорости самолета за время от подачи команды до момента открытия огня.

9. Непрерывно изменяющиеся расстояния требуют и непрерывного их определения и учета при стрельбе постановкой соответствующего прицела.

10. Определение и постановка на прицеле направления движения самолета требуют большой опытности, в особенности при движениях облических и с уклоном к горизонту.

Эта особенность самолета-цели является также немалой причиной, уменьшающей возможность его поражения.

11. Ошибка в учете угла встречи влечет за собой неправильное прицеливание и взятие неверного упреждения. Как раньше было выведено, угол встречи определяется формулой

$$\cos \beta = \cos \varepsilon \cos H \cos K - \sin \varepsilon \sin H,$$

где β — угол встречи,

ε — угол местности,

K — курсовой угол и

H — угол наклона цели к горизонту.

В настоящее время еще не имеется способа и средств для определения величины и значения ошибки в наводке в зависимости от угла встречи, и потому на специальных занятиях оценка производится, полагаясь исключительно на авторитет обучающего.

Одно несомненно, что учет курса движения самолета (или вернее угла встречи) поворотом кольцевого целика параллельно движению самолета неточен и является существенной причиной неправильного направления средней траектории в цель.

12. Является ли таблица времен полета пули, которой мы так широко пользуемся для определения упреждений, достаточно верной?

При рассмотрении табл. 8 и 9 мы видели, что время полета пули в зависимости от углов места цели изменяется очень незначительно: например, для легкой пули на дистанцию 1 500 *м* при $\varepsilon = 0$ время $t = 3{,}99$ сек. и при $\varepsilon = 85^\circ$ $t = 4{,}15$ сек., т. е. разность будет равна 0,16 сек. При скорости самолета $v_c = 60$ *м/сек* ошибка в упреждении будет равна почти 1 *м*.

Принимая во внимание вообще большое рассеивание пуль на 1 500 *м*, гоняться за ошибкой в 1 *м* было бы не только бесполезно, но даже вредно, знать же ее величину, конечно, следует.

13. Конструктивные особенности прицела также отражаются на рассеивании пуль, причем чем сложнее будет его обслуживание, тем больше будет рассеивание.

14. Квалификация пулеметчиков-зенитчиков при настоящих технических средствах имеет очень большое влияние на величину радиуса рассеивания.

15. Трудность учета влияния ветра на движение самолета влечет ошибочное взятие упреждения, уменьшая вероятность его поражения; особенно значительная ошибка будет при боковом ветре, при котором движение самолета будет облическое, а не по оси симметрии, что сильно затрудняет правильную наводку.

16. Неустойчивость установки, происходящая от разнообразного раздвижения ног треноги, разнообразного грунта, расположения груза, подвешиваемого на станок для устойчивости, и несимметричного положения центра тяжести, не может не влиять на разнообразное дрожание всей системы и тем способствовать увеличению рассеивания.

17. Неправильная выверка прицела влечет отклонение средней траектории, и вследствие этого уменьшается вероятность поражения цели.

Заканчивая на этом перечень причин, влияющих на величину рассеивания пуль и отклонения средней траектории при стрельбе по самолетам, мы полагаем все же, что они не могут действовать все в одну сторону; такое неблагоприятное совпадение случайностей маловероятно. В силу этого ошибки от одних причин поглощаются ошибками от других, что несколько уменьшает рассеивание, но тем не менее оно остается много больше, чем при наземной стрельбе. На основании приближенных опытов в США и других странах принимают вероятное отклонение при стрельбе по зенитным целям от пяти до восьми раз бо́льшим, чем для наземной стрельбы. На основании опытов наши Таблицы изд. 1939 г. дают для наиболее устойчивых станков величины вероятных отклонений и сердцевин, по которым можно вычислить приближенные величины ожидаемых поражений самолета табл. 13.

Темп огня, т. е. число пуль, выпускаемых в единицу времени, имеет большое значение при обстреле самолетов, так как, сокращая время между пролетом каждой пули, делает менее вероятным безнаказный пролет самолета в промежуток между пулями.

Более подробно о значении огня мы будем говорить ниже, при исследовании видов огня; здесь же отметим только, что фактор этот имеет огромное значение.

Продолжительность стрельбы увеличивает число выпускаемых по цели пуль, это же последнее увеличивает шансы поражения авиацели хотя бы одной пулей.

Имеет ли преимущество в отношении вероятности попадания сосредоточенный огонь, т. е. когда в зоне, проходимой в данный момент самолетом, сосредоточивается одновременный огонь

нескольких пулеметов, перед тем же количеством пуль, выпущенных по самолету рассредоточенным огнем, трудно сказать.

Указания тактики располагать пулеметы треугольником или четырехугольником, чтобы огонь их пересекался на пути движения самолета, дают возможность встретить противника на любом направлении, но вероятность сбития самолета от этого не увеличится, за исключением случая, когда самолет будет поражаться пулями в точке пересечения траекторий.

Время обстрела самолета увеличится:

а) От своевременного открытия огня и прекращения его, т. е. от продолжительности сопровождения противника огнем, что достигается: своевременным обнаружением противника, балистическими свойствами оружия и пули, увеличивающими практически полезную ее дальность. Это последнее особенно важно при проектировании технических средств. Время обстрела, вообще говоря, зависит от скорости полета самолета, дистанции стрельбы. Для характеристики приведем данные для обстрела самолета в секторе 80°.

Таблица приближенного расчета времени обстрела самолетов и числа выпускаемых пуль из пулемета Максима

Исходные данные:

а) Самолет обстреливается в секторе 80°.

б) Теоретическим числом выпущенных пуль принято считать число пуль, выпускаемых в секунду пулеметом Максима, т. е. 10 пуль, умноженное на время обстрела.

в) Практическое число выпущенных пуль получается из теоретического числа выпускаемых пулеметом в единицу времени пуль вычитанием на перемену ленты 100 пуль и на устранение задержек и прочих случайностей 50% пуль.

Кажущаяся (видимая) скорость самолета в *м*	Расстояние в метрах											
	1 000			400			100			50		
	Время обстрела в сек.	Выпущено пуль		Время обстрела в сек.	Выпущено пуль		Время обстрела в сек.	Выпущено пуль		Время обстрела в сек.	Выпущено пуль	
		теоретически	практически		теоретически	практически		теоретически	практически		теоретически	практически
30	57	570	250	23	230	116	6	60	30	3	30	15
70	24	240	120	10	100	50	2	20	10	1	10	5
100	17	170	85	7	70	35	2	20	10	1	10	5

Из этой таблицы видно, как быстро падает количество выпускаемых пуль с уменьшением дистанции и с увеличением скорости полета самолета, а отсюда напрашивается вопрос о безотложном увеличении темпа стрельбы для зенитных пулеметов

б) От исправного — безотказного — действия оружия.

в) От сноровистой работы пулеметного состава, затрачивающего возможно меньше времени на перемену направления стрельбы и устранение задержек.

Вероятность попадания зависит от размера цели и определяется отношением площади цели к площади рассеивания пуль.

Данным перечнем далеко не исчерпываются все причины, создающие трудность стрельбы по самолетам, а между тем каждая из них требует изучения и исследования как в диференцированном виде, так и в комбинировании с другими. И только подобные изыскания, на строго научном базисе, обеспечат правильный план работ и мероприятий для дальнейшего прогресса во всех направлениях по поднятию мощи ПВО стрелкового оружия и помогут уберечь дело от поспешных, необоснованных выводов и односторонности решения. За примерами таковых не далеко ходить.

Примеры ошибочных суждений по вопросам ПВО стрелковым оружием

1. Часто приходится слышать: в деле подготовки стрельбы по самолетам „самое главное научить наводчика правильно брать упреждение".

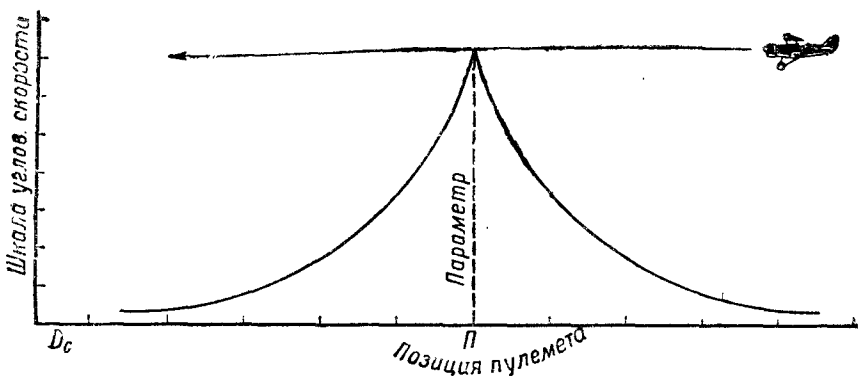


Рис. 50. Диаграмма угловых скоростей самолета

Учет упреждения производится особой конструкцией прицела, и если технически она выполнена правильно, ошибка со стороны наводчика может быть только от неправильного прицеливания.

2. Придавание излишне большого значения угловой скорости при обстреле самолетов на бреющем полете (брошюра Тихменева „Указания для стрельбы из винтовок и ручных пулеметов").

Угловая скорость достигает действительно огромной величины лишь в момент нахождения авиацели на параметре, но она сохраняет это значение на таком незначительном отрезке траектории самолета, что практического значения иметь не может.

Схематически угловую скорость самолета можно изобразить прилагаемой диаграммой (рис. 50).

3. В армии установилось определенное понятие об учете курсового угла самолета при его обстреливании. Однако многие неясно отдают себе отчет, что такое курсовой угол; если же понятие о курсовом угле правильное, то часто еще больше заблуждаются, так как фактически учитывается при стрельбе не курсовой угол, а угол встречи как функция от углов наклона цели к горизонту, местности и курсового.

4. При практическом обучении прицеливанию и стрельбе чаще всего берется силуэт, макет или модель самолета, идущие перпендикулярно к плоскости стрельбы, т. е. под углами встречи 90°, что является лишь исключительным моментом.

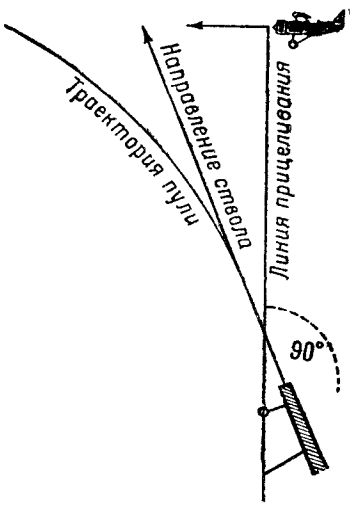


Рис. 51. Стрельба по самолетам в зенит

5. Правила стрельбы и обучение касаются преимущественно исключительного момента — самолета, проходящего на параметре по директрисе стрельбища (очень узкие стрельбища).

6. К техническим средствам (прицелам, установкам и т. д.) предъявляются требования, касающиеся частного случая — стрельбы под углом возвышения 90°. Это совершенно лишнее, так как, с одной стороны, момент нахождения авиацели в зените используется для изменения направления стрельбы на 180°, с другой — получается аномалия в положениях линии цели и направления оси канала ствола, при которых траектория будет отклоняться от линии цели (рис. 51).

7. В тактике пространства, обороняемые от самолетов на земле (горизонте), определяются кругами радиусом 1 000 *м*. Между тем предельное расстояние действительного огня 1 000 *м* относится к наклонной дальности, на земле же радиусы кругов обороны будут равны $R = 1\,000 \cos \varepsilon$, при чем угол ε следует брать от 25° и выше.

8. Большое сопротивление воздуха на рукав-пилот, буксируемый самолетами, сильно замедляет скорость самолета, делая ее небоевой. Маневрирование рукава-пилота сглаживается, приближая траекторию к горизонтальной прямой.

9. Обучению стрельбе по кольцевому целику, по заблуждению, придают значение тренировки во взятии упреждения, — последнее правильнее отнести к наглядному объяснению установки прицелов.

10. Стрельба с зенитным прицелом трассирующими пулями психологически трудно совместима, так как наводчик или бросит прицел и будет следить только за трассой, или наоборот. Все же пренебрегать трассирующими пулями нельзя, как единственным средством для корректирования стрельбы, но нужно при-

учать наводчика, чтобы он на трассу не обращал внимания, — это дело командира.

11. Идея устройства американского зенитного прицела Бойд-Грин не выдерживает критики, а между тем находит подражателей.

12. Сравнительно недавно появилось мнение о возможности стрельбы по самолетам без специальных зенитных прицелов.

Надо полагать, мотивом к тому служит достижение во всех армиях большей настильности траекторий, — решение однобокое. При оценке особенностей стрельбы по самолетам мы уже отметили, что стрельба при постоянных высотах прицела существенного значения не имеет (прицел обр. 1928 г.) и что трудность стрельбы зависит от совокупности целого ряда причин.

Нельзя, однако, не отметить, что путь изучения природы огня по самолетам чреват аномалиями, в которых нетрудно запутаться и притти к сомнительным идеям.

Аномалии и парадоксы в стрельбе по самолетам

Чем глубже уходишь в природу огня по воздушным целям, тем чаще наталкиваешься на влияния, которые обнаруживаются как путем практических наблюдений, так и теоретических вычислений.

Приведем несколько примеров:

1. Чтобы характеризовать скорость движения самолета, нередко указывают на то, что при стрельбе из пулемета Максима самолет как бы проскакивает между двумя пулями, следующими непосредственно одна за другой и выпущенными с начальной скоростью 860 *м/сек.*

Если бы скорость полета пули увеличить в два-три раза, то и в таком случае самолет мог бы пройти неуязвимым между двумя пулями. Дело в том, что скорость полета пули здесь не при чем, вся суть дела заключается в частоте (темпе) огня, т. е. в расстоянии между пулями во времени.

Частота стрельбы из пулемета Максима — около 600 выстрелов в минуту, т. е. пуля за пулей вылетает из канала ствола через каждые 0,1 сек. По мере удаления пуль от пулемета скорость их будет уменьшаться, вследствие чего задние пули будут нагонять летящие впереди, но только пространственно, т. е. расстояние между пулями будет становиться все меньше и меньше, время же прохождения этих расстояний будет оставаться постоянным — 0,1 сек.

Предположим, что самолет идет со скоростью 60 *м/сек*, следовательно, длину пути, равную длине жизненной части самолета, т. е. 2 *м*, самолет пройдет в $^1/_{30}$ сек.

Допустим, что первая пуля пролетела перед передним краем жизненной части самолета, следующая за ней пуля подойдет к этой же точке пространства только через одну десятую секунды, жизненная же часть самолета успела бы до подхода следующей пули пройти это пространство три раза.

2. Не менее поражает и тот факт, что могут быть случаи, когда пуля, пройдя некоторое расстояние, удаляясь от пулемета вдоль линии прицеливания, поворачивает назад и начинает приближаться к пулемету (рис. 52). На рисунке ясно видна причина такого явления.

3. При стрельбе с прицелами прямой наводкой в цель, когда самолет находится в зените (рис. 53), поразить его нельзя. Как видно из рисунка, образуется мертвая воронка, описанная радиусом, несколько большим $D \operatorname{tg} \alpha$, где D — расстояние до цели, а угол α — угол прицеливания. Действительно, если целиться

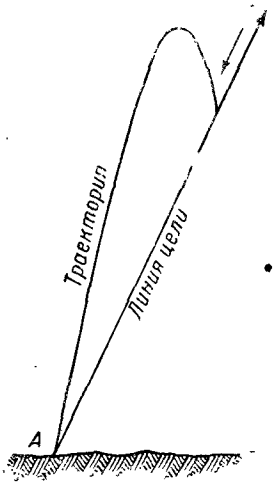


Рис. 52. Аномалия полета пули — пуля по линии цели летит обратно

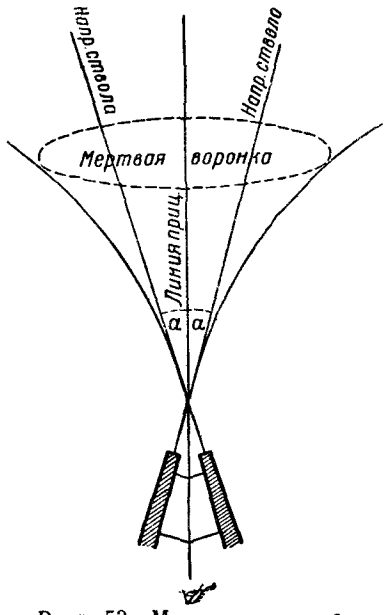


Рис. 53. Мертвая воронка обстрела самолета

совершенно по вертикали, то направление оси канала ствола пойдет в сторону на угол, равный углу прицеливания α, а траектория от направления оси канала ствола будет отходить еще больше наружу.

Подойдем к этому явлению с практической стороны, задав себе вопрос, много ли будет таких случаев, чтобы пришлось целиться в самолет совершенно вертикально? Практически их совсем не будет, а если бы и мог иметь место такой маловероятный случай, то он значения не имел бы. Жизненная часть самолета, длиной 2 *м*, при скорости самолета, равной 60 *м/сек*, пересекла бы точку, находящуюся в зените, в течение $\frac{2}{60} = \frac{1}{30}$ сек., т. е. в продолжение времени, в три раза меньшего промежутка времени между пулями при темпе стрельбы 600 выстрелов в 1 мин. За это время в самолет может попасть максимум одна пуля.

4. Стрельба под углом возвышения 90°. Это парадоксальное явление сулит действительно массу аномалий, весьма часто совершенно бесполезно отвлекая внимание от более практических вопросов.

Например, задаются вопросы: существует ли при стрельбе в абсолютно вертикальном направлении деривация? Деривации нет, как об этом было разъяснено в теоретической части труда.

5. Стрелковые уставы говорят нам, что ветер сзади увеличивает, а встречный уменьшает дальность полета пули (считая по линии цели).

При стрельбе под большими углами возвышения, как мы видели выше, получается обратное явление.

6. Корректирование огня при стрельбе по наземным целям определяется следующими представлениями: „перелет", „недолет", „вправо" и „влево". Эти определения, в которых неподвижная земля является базой, где рикошеты ясно указывают места падения пуль, вполне уместны. Совершенно иначе дело обстоит при стрельбе по самолету, непрерывно меняющему свое положение в пространстве. Здесь один ориентир — сама цель. Облака, кроме того что сами плывут в воздухе, быстро отстают от самолета, о видимых же рикошетах и говорить, конечно, не приходится.

Такое положение цели для нас ново, а потому мы, привыкшие к наземной ориентировке, стараемся применять те же наземные методы и при стрельбе по зенитным целям, а именно говорим: „недолет" или „перелет" на столько-то сотен метров.

Время полета до разрыва снаряда, используемое в артиллерии, при стрельбе из пулеметов не может быть учтено как поддающийся непосредственному наблюдению фактор: разрыва нет.

Для пули надо установить момент прохождения ею плоскости картины, т. е. плоскости, проходящей через цель перпендикулярно к линии прицеливания, но отнюдь не плоскости, в которой лежит линия прицеливания. Эта плоскость неудобна по многим причинам, между прочим по следующей (одной из существенных): благодаря настильности траектории при стрельбе под большими углами возвышения самое незначительное изменение в углах прицеливания будет чрезвычайно сильно рассеивать пули в дальности по сравнению с рассеиванием в стороны.

Приняв плоскость, перпендикулярную к линии прицеливания, за плоскость, перехватывающую пули, мы этот недостаток устраним. Рассеивание пуль во всех направлениях (в плоскости) будет получаться более однообразное и более удобное для исследования.

Ориентировка попадания пуль ограничится только двумя осями координат с началом их в жизненной части самолета — с абсциссой, перпендикулярной к линии прицеливания, и

ординатой, перпендикулярной к ней. Аналогично, казалось бы, должен быть изменен и прицел, а именно шкала по расстоянию должна быть заменена шкалой, подобной целику, т. е. она должна быть в угломерных делениях.

Переход от прицела по расстоянию к прицелу в угломерных делениях в силу многолетней привычки будет очень труден, но если предложение наше окажется осуществимым, все трудности вознаградятся большим преимуществом.

7. Таблицами стрельбы отмечена зависимость конечных скоростей пули от расстояний и углов места цели. Из этих таблиц видно, что скорость пули очень быстро падает от увеличения расстояния и незначительно — от углов места цели. Отсюда возникает вопрос, имеет ли изменение скорости полета пули влияние на изменение расстояния между пулями, непосредственно следующими одна за другой, и если интервалы эти изменяются, то в какой последовательности.

На этот вопрос можно утвердительно ответить, что расстояния уменьшаются, причем совершенно идентично скоростям, по той простой причине, что понятие о скорости у нас и слагается по пространству, пройденному в единицу времени, которую принято брать равной одной секунде; если же взять за единицу времени одну десятую секунды, т. е. промежуток времени вылета пули за пулей из пулемета (частота стрельбы), то получим одну и ту же таблицу для конечных скоростей и промежутков между пулями.

Такую таблицу можно построить или путем интерполирования данных таблицы конечных скоростей, составленных, как было сказано, для единицы времени, равной одной секунде, или построением кривой скоростей по той же односекундной таблице.

Интересной является стрельба под углом возвышения в 90°.

Пуля, достигнув наибольшей своей высоты, теоретически совершенно остановится, а вместе с тем и следующая за ней пуля через одну десятую секунды должна была бы ее догнать. Фактически этого быть не может, так как передняя пуля уже силой своей тяжести начнет падать назад, конечно, в силу рассеивания, не встретив следующей за ней пули.

Изучив и исследовав особенности стрельбы по самолетам, перейдем к вопросу мероприятий для борьбы с ними стрелковым оружием.

Разрешение его должно быть направлено в сторону:

а) усовершенствования технических средств;

б) разработки правил стрельбы;

в) подготовки живой силы.

Игнорирование какого-либо из этих указаний аннулирует остальные. Так, например, если забота будет исключительно направлена в сторону обучения, а совершенствование технических средств предоставлено самотеку, т. е. изобретения и конструирование последних будут производить дилетанты и кустари, то далеко не уйдем. Но было бы ошибочно думать, что достаточно одного

желания направить свою деятельность в ту или другую сторону. Практически мы сразу наткнемся на ряд препятствий и трудностей, создающих все новые и новые проблемы, через которые перешагнуть нельзя.

Например, как тренировать в стрельбе, как обучать бойцов, если не будет руководств, соответствующих полигонов, авиамишеней или приборов, имитирующих авиацели.

То же самое относится к совершенствованию технических средств и разработке правил стрельбы.

Более подробно о плане и методах работы мы остановимся в соответствующих отделах, а потому здесь не давали по затронутым вопросам детальных разъяснений.

Правда, благодаря этому, возможно, придется повторяться, но зато впечатление будет свежее и сильнее.

ПРАВИЛА СТРЕЛЬБЫ

О правилах стрельбы по самолетам в нормальных дневных условиях

Под „Правилами стрельбы по самолетам" мы будем подразумевать указания, обоснованные теоретическим и практическим изучением вопроса, как с наибольшей выгодой использовать имеющиеся специальные технические средства в условиях боевой обстановки и тактических действий.

Одним из основных и существеннейших достоинств правил стрельбы является простота и краткость. Мимолетные огневые схватки зенитчиков с самолетами должны покоиться почти всецело на слаженности пулеметного состава, находчивости, сохранении присутствия духа и отваги. В этот критический момент всякие излишние команды и вмешательства со стороны начальства и педантизм в исполнении будут неуместны, как стесняющие действия бойцов.

Правила стрельбы, а вместе с тем и технические средства должны быть разработаны так, чтобы зенитчикам не приходилось делать каких-либо умственных расчетов, даже примерно, скажем, сложения однозначных чисел. Число команд должно быть самым ограниченным, чтобы не убивать волю бойцов.

Правила стрельбы, конечно, должны соответствовать данным техническим средствам: к установкам, к прицелам, к способам определения расстояний и пр. Отсутствие твердых доктрин молодого зенитного дела вызывает частые изменения правил зенитной стрельбы, и потому мы предоставим их официальным уставам и руководствам.

Новые установки, новые прицелы, новые опыты и практика создадут и новые, более отвечающие боевым, а не полигонным условиям правила.

Одно следует отметить: правила стрельбы должны быть ясны и кратки и давать лишь общее направление всей работе пулеметного расчета, не связывающего действия расчета.

Корректирование стрельбы по самолетам наблюдением за трассой

Из опыта войны в Испании. „Крайне важно, чтобы стрелковые подразделения пехоты снабжались определенным количеством трассирующих пуль. Это в значительной степени облегчит ведение огня по воздушным целям.

При отсутствии трассирующих пуль корректировка огня невозможна, так как цель очень быстро перемещается, а стрельбу приходится вести без кольцевых прицелов. *М. Микаев*".

„Красная звезда", 18/IV 1938, № 89.

Единственным способом корректирования зенитного пулеметного огня является наблюдение за полетом трассирующих пуль, оставляющих трассу примерно на протяжении 1 000—1 500 *м*.

Трассирующие пули менее устойчивы в воздухе и больше подвержены дефектам, ввиду чего отдельные пули или дают большие недолеты или отклоняются в стороны.

Трассирующее вещество обладает воспламеняющим свойством, отчего при попадании в самолет может, пробив бак с бензином, воспламенить его.

За последнее время метод корректирования стрельбы по самолетам наблюдением за трассой все более и более привлекает к себе внимание как наших, так и зарубежных зенитчиков.

Поиски наилучшего метода и выработка критерия для сравнительной оценки методов требуют изучения вопроса научно-экспериментальным путем. Рискованно в заключениях перешагнуть ту резкую грань, которая лежит между боевой воздушной целью и ее слабыми пародиями — авиамишенями, с другой стороны, и теория не имеет достаточно веского материала ни в количественном (статистика), ни в качественном отношении, чтобы можно было опереться на него.

Изыскания в этой области требуют немалой затраты труда, времени и материальных средств для обеспечения осуществления и рационализации работы.

Проекты правил корректирования стрельбы трассирующей пулей для зенитных пулеметов к сегодняшнему дню высказываются в пользу ее и приходят к выводам, которые покоятся на реальных фактах — результатах стрельб — и на подкрепляющих их теоретических выкладках.

Несмотря, однако, на столь веские, казалось бы, факты, все же необходимо продолжить проверку правил войсковыми испытаниями.

Наиболее веским доказательством правильности выводов является, конечно, практическая стрельба. Теоретические доказательства без проверки их на практике имеют мало цены.

Сомневаться в точности зафиксированных результатов, конечно, не приходится, однако проверка существующих в настоящее время правил является все же весьма необходимой, так

как условия полигонного характера могут быть слишком искусственны и стереотипны; кроме того, делать выводы из сравнительно небольшого числа опытов тоже нельзя.

1. Вследствие малой скорости и недостаточной гибкости маневрирования авиамишени, в том числе и рукава-пилота, являются слабым подобием самолетов.

2. Метеорологические условия и освещение местности более или менее остаются постоянными. Возможно, исключаются такие типичные условия, как солнце спереди, сзади и т. п.

3. Пулеметный состав зенитчиков, привыкший к условиям полигона, инстинктивно пользуется выработавшимися у них сноровками, в которых, быть может, они и сами себе не сумеют дать отчета.

4. Сумма элементов, являющихся слагаемыми результатов, не позволяет судить о причинах попаданий и промахов, а потому лишает уверенности, что при использовании одних и тех же приемов (правил) стрельбы в разной обстановке получим одинаковые результаты.

В силу изложенного казалось бы необходимым произвести опыты стрельбы, диференцируя условия, т. е. изолируя некоторые элементы, присущие стрельбе по действительным самолетам. Например, произвести стрельбу по неподвижным целям, устранив таким образом элемент движения цели и сохранив большой угол возвышения.

5. Целый ряд существенных отрицательных условий, затрудняющих пользование трассирующими пулями, как, например, обман зрения, был отмечен и на испытаниях, и в литературе. Т. Б. Иванов в журнале „Техника и вооружение", 1933 г., № 3, пишет:

„Далее мы должны считаться с наличием оптических ошибок при наблюдении трассы. Весьма трудно оценить по всему протяжению видимой траектории, в какой именно точке она пересекает плоскость движения цели и какова вообще до нее дистанция..."

Если бы этого фактора не существовало, польза трассирующих пуль для корректирования являлась бы абсолютной. Между тем она имеет некоторые практические границы.

Наблюдения с земли за показаниями трассирующих пуль часто бывают обманчивы. Так, например, общее впечатление присутствующих было, что авиацель находилась во все время обстрела в центре сравнительно узкого снопа трассеров, что обещало отличные результаты. Оказалось же совершенно обратное — попаданий не было. Отсюда невольно является мысль, что иногда удачные стрельбы обязаны не корректированию по трассам, а каким-нибудь другим причинам.

То же отмечает в своей статье Б. Иванов „Техника и вооружение", 1935 г., № 3:

„Мне приходилось слышать, как иногда говорили, что „я видел, как пуля затухла в момент прохождения через рукав". И... все же сквозной пробоины не оказывалось. Ошибочность

заключения по наблюдению за потуханием следа на отрезке в 1 *м* (диаметр рукава) на дистанции до него в 500—800 *м* при скорости пули около 500 *м/сек*, т. е. при прохождении этого метра в $^1/_{500}$ долю секунды, очевидна. 15—25 кадров в секунду при обычной киносъемке, необходимых для плавного рассмотрения движущихся фигур, и значительно большее их число при съемке полета пули могут дать объяснение этой ошибке.

Далее, при заходах буксирующего самолета справа или слева по отношению сектора обстрела пучок трасс кажется отклоняющимся в сторону от цели.

Самым же трудным для наблюдения, как бы мы хорошо ни видели всю трассу, является точное заключение, в какой именно точке траектория пересекает плоскость полета цели — точки, от которой и должна быть сделана оценка отклонений для корректирования прицела и направления. В итоге эта оценка дается путем длительных навыков в наблюдении, но методика последовательного развития правильной оценки путем предварительных упражнений, видимо, еще не разработана". Автор статьи об опытных стрельбах, вышедшей в сентябре 1929 г., капитан Неготи, говорит, что „...при стрельбе трассерами получается занятный оптический обман, который создает впечатление, что цель (рукав) поражается, тогда как пули проходят в действительности по крайней мере на один корпус сзади". Поэтому он рекомендует: „...если при скомандованном упреждении видно, что трассер поразил цель, то все стрелки должны автоматически увеличивать свое упреждение на один корпус; если кажется, что трасса проходит на один корпус сзади цели, то стрелки должны взять дополнительную поправку в два корпуса, и т. д."[1].

Повидимому, опыты подтвердили необходимость этой дополнительной поправки на оптический обман зрения, так как в том же журнале за 1934 г. в примерах подсчета упреждений для командной таблицы указано прибавление к округленному подсчету одного добавочного корпуса цели. На эту обобщенную поправку указывают и другие авторы в том же журнале (статьи лейтенанта Привати, капитана Ридера), и она входит в официальную инструкцию как правило для определения выноса точки прицеливания.

В специальной литературе вообще отмечается для трассирующих пуль большее сравнительно с обычным рассеивание и разнообразие их горения. Это не дает возможности полностью использовать исключительно полезную идею получения видимой траектории.

---

[1] Нет сомнений, что трассу наблюдать на всем протяжении не следует, ибо это поведет к большим ошибкам, трассу нужно наблюдать около цели. Капитан Неготи близок к истине, но не при всяких полетах самолета трасса должна итти впереди самолета, иногда она должна быть и сзади него. Нет сомнения, что даже в настоящее время можно дать достаточно близкое теоретическое обоснование правил наблюдений трассы.

Как мы увидим ниже из теоретических рассуждений, является совершенно ошибочным полагать, что увеличение естественного рассеивания может служить в пользу увеличения процента попаданий, на которые так охотно опираются составители правил корректирования стрельбы по трассам.

Необходимость более тщательного испытания правил вытекает также из того, что приходится встречать в литературе ряд предложений и правил корректирования стрельбы диаметрально противоположных. Так, например, получается большое расхождение в назначении процентного отношения трассирующих пуль к общему числу пуль.

Французское наставление 1934 г. категорически указывает только на снаряжение лент полностью трассирующими пулями, т. е. на все 100%. Не сходятся пределы дальностей для использования трассирующих пуль. Не сходятся взгляды на одновременное использование прицелов и трассирующих пуль.

Представляет большой интерес метод капитана американской службы Денекера. Он производил с успехом опыты стрельбы трассирующими пулями, совершенно снимая с пулемета прицельные приспособления. Конечно, все эти предположения должны быть самым тщательным способом изучены и проверены как теоретически, так и опытами.

Нам представляется трудно выполнимым одновременное использование прицельных приспособлений и трассирующих пуль; вследствие трудности координирования как внимания, так и самих движений, наводчик начинает суетиться — то хватается за прицел, то за трассу, и хорошо если сумеет отказаться от одного из методов и сосредоточить все внимание на другом.

Целесообразность внесения поправок на отставание трассы от боевой пули также представляется проблематичной и вызывает опасение за уменьшение вероятности попадания.

К сожалению, результаты стрельб при корректировании трассирующими пулями в большинстве случаев не даются в сравнении со стрельбами, произведенными в тех же условиях, но при корректировании другими способами.

Итак, ставя в первую голову проверку „Правил стрельбы“ опытным методом, считаем все же совершенно невозможным подойти к оценке „Правил“ без предварительного теоретического изучения вопросов по следующим соображениям.

Многогранность условий, совокупность которых можно назвать природой огня и из которых слагается стрельба по самолетам, выявляемая исключительно опытным путем, потребовала бы такого огромного количества времени, такой статистики, что на это нехватало бы ни средств, ни времени.

Непонятно, о каком „рассеивании пуль“ и „центре рассеивания“ говорится большинством авторов по данному вопросу,— самолет непрерывно движется, каждая пуля выпускается в новом направлении, отсюда, если и можно говорить о рассеивании пуль, то только об относительном, т. е. о мнимом снопе и мнимой площади рассеивания пуль.

Представление о центре рассеивания и совмещении его с центром цели для стрельбы по воздушной цели — понятие нереальное и может существовать только в нашем воображении.

Введение поправок на метеорологические условия, главным образом на ветер, нецелесообразно. Влияние ветра является фактором случайных ошибок не только для отдельных пуль, но и самих центров групп в пулеметной зенитной стрельбе.

Траектории трассирующих пуль почти на всем своем протяжении более отлоги, чем траектории боевых пуль, что отмечается в большинстве отзывов об использовании трассеров, в том числе и во французском „Наставлении".

Однако несоответствие балистических свойств пуль — трассирующей, легкой и тяжелой — при стрельбе под большими углами возвышения будет быстро сглаживаться, а потому вряд ли таковые могут оказать влияние на результаты стрельбы при небольших дальностях.

Нельзя не согласиться с тем, что ввиду неодинаковых балистических свойств пуль нарастает довольно крупная ошибка. Посмотрим, в чем же выражается эта ошибка.

Допустим, лента снаряжена пулей обр. 1908 г. (легкой) и известным процентом трассирующих. Стрельба ведется на 1 000 *м* под $\angle \varepsilon = 30^\circ$, $\angle \alpha_c = 50'$.

Для этого угла прицеливания наклонная дальность трассирующей пули будет около 1 100 *м*, т. е. трассирующая пуля улетит на 100 *м* дальше боевой.

При большой настильности траекторий ошибка в дальности на 100 *м* не есть еще верный промах, но все же проверим, каково будет для 1 000 *м* превышение (h) трассирующей пули над целью. По знакомой нам формуле:

$$h = D \operatorname{tg} (\alpha_{1100} - \alpha_{1000})$$

при $\alpha_{1100} = 50'$ и $\alpha_{1000} = 37'36''$ будем иметь

$$h = 1000 \operatorname{tg} (50' - 37'36'') = 3{,}5 \text{ м}.$$

Полагая цель высотою 2 *м*, имеем, что трассирующая пуля пролетит выше цели на 1,5 *м*.

Руководясь показанием трассы, наводчик должен понизить прицеливание (конечно, на-глаз) на 1,5 тысячных расстояния, отчего боевые пули пойдут на 1,5 *м* ниже цели; собственно говоря, теоретически ниже цели на 1,5 *м* пройдет средняя траектория, и цель будет поражена верхней половиной снопа пуль; как видим, ошибка не является угрожающей, но опасаемся, что скорей нас будет вводить в заблуждение обман зрения.

Несоответствие балистических свойств пуль сказывается не только на высоте, но и при взятии упреждений. Трассирующая пуля долетает на дистанцию 1 000 *м* на 2,10 — 1,81 = 0,29 сек. раньше, чем боевая пуля обр. 1908 г. (легкая), для которой сделан расчет и установлен прицел, а потому дает впечатление, что упреждение сделано больше, чем нужно, на 70 *м* · 0,29 = 20 *м*

(считая $v_c = 70$ *м/сек*), или в угловых измерениях на 20 тысячных расстояния.

Все сказанное, принимая во внимание целый ряд других причин, случайных и доступных учету, показывает, что для правильности корректирования стрельбы по наблюдению за трассирующими пулями необходимо дать хотя бы приблизительные данные правильного уклонения этой пули от цели и развить в наводчике привычку не наблюдать за трассой, а поручить это дело командиру, так как наводчик, увлекшись наблюдением трассы, будет нервничать и забудет основную свою обязанность — правильно наводить.

Также необходимо установить наивыгоднейшее количество трассирующих пуль. Большое количество трассирующих пуль повлечет уменьшение боевой мощи данной очереди, а малое количество может повлечь получение неправильных данных для корректирования.

Рассеивание. Стрельба со специальной зенитной установки или универсального станка, с незакрепленным пулеметом чрезвычайно капризна и зависит от почвы под установкой, от расстановки ног ее и вообще от положения точек опоры, наконец, от того, ведется ли стрельба с руки или с использованием наплечников и нагрудников. Во всяком случае вопрос этот играет малую роль в деле вероятности попадания в авиацель при нормальных боевых условиях. Мы не имеем никаких опытных данных о рассеивании при стрельбе под большими углами возвышения. Нет никакого сомнения, что доминирующую роль в увеличении рассеивания играют ошибки в прицеливании при каждом отдельном выстреле по непрерывно изменяющейся точке наводки, изменения метеорологических данных и т. д.

В величине вводимого коэфициента, увеличивающего радиус рассеивания в три-четыре раза, можно сильно сомневаться. Вообще говорить о площади рассеивания, рисуя себе картины снопа пуль, выпущенных примерно в одинаковых условиях, рискованно.

При стрельбе по самолетам сопроводительным огнем каждая пуля выпускается в новом направлении и в совершенно своеобразных условиях. Сноп пуль и площадь рассеивания, если сохранить этот термин, приходится назвать все же мнимыми.

Итак, все подсчеты, опирающиеся к тому же на недостаточно проверенные данные, повторяю, нам кажутся недостаточно реальными.

Из нижеприводимых формул определения вероятности попаданий (стр. 115) для разных видов огня усматриваем, что число попаданий главным образом зависит от числа выпущенных пуль и в меньшей степени от меткости стрельбы, а потому чрезвычайно рискованно расходовать время и внимание на уточнение меткости, в силу чего, казалось бы, использование трассирующих пуль для уточнения стрельбы будет лишь в том случае полезным, если оно не грозит ослаблением мощности огня.

Время полета пули. Нельзя не признать, что на дистанциях до 600 *м* нет надобности считаться с незначительным отставанием боевой пули от трассирующей. В дальнейшем будем считать, что все правила имеют в виду пулю боевую.

Наблюдение трассы. Целесообразность корректирования огня наблюдением за трассой неоспорима.

Заканчивая на этом обсуждение вопроса о корректировании стрельбы трассирующими пулями, в заключение скажем, что оно пока представляет проблему, но проблему, сулящую огромные достижения в деле поднятия действительности огня по самолетам. Поэтому необходимо, чтобы она в самом непродолжительном времени была решена в положительном смысле. Действительно, целый ряд причин случайных и неслучайных, влияющих на результаты огня по самолетам, но скрытых от нас условиями стрельбы, учесть которые мы всеми силами добиваемся, введением трассирующих пуль сразу отсекается: „Нам нет дела до этих причин — нашей стрельбой всецело руководит трасса".

Известно, что метод корректирования стрельбы применяется во всех иностранных армиях, но, к сожалению, мы не знаем, руководит ли ими идея или имеющиеся в их руках более конкретные реальные данные. Вернее первое, доказательством чему может служить то колебание и разномыслие в указаниях, которые встречаются в литературе:

1. Одни делают с математической точностью расчеты процентного отношения пуль боевых и трассирующих в магазине, другие считают безусловно вредным мешать боевые и трассирующие пули в ленте.

В решении вопроса о вреде или полезности трассирующих пуль главную роль играют длина трассы и разнообразие полета трассирующей и боевой пуль. Государства, в которых длина трассы приближается к полезной дальности стрельбы и траектории почти одинаковы, конечно, будут говорить о полезности трассирующих пуль в магазине.

2. Наконец, одновременное использование зенитных прицелов и трассирующих пуль является также спорным вопросом.

Сегодня конкретно можно сказать только то, что, во-первых, на малых расстояниях, примерно до 400—500 *м*, трассирующие пули несомненно приносят пользу, повышая действительность огня по самолетам, и, во-вторых, использование трассирующих пуль на всех дистанциях как средства оказания морального воздействия на экипаж самолета является весьма ценным.

Ознакомление зенитно-войсковых соединений с принятыми у нас правилами применения трассирующих пуль — дело официальных руководств и наставлений, а потому касаться их не будем.

В „Вестнике ПВО", № 10, 1937 г., помещена статья т. Перебило „Корректура зенитно-пулеметного огня". Считаем, что командирам-зенитчикам необходимо быть знакомыми с этой статьей.

Нельзя согласиться со всеми его положениями. Но наши соображения, в значительной степени опирающиеся на теорию,

конечно, пассуют перед фактами. Тов. Перебило отмечает, что предлагаемые им „Правила" проверены большим количеством стрельб.

Полагаем даже, что его статья могла бы лечь в основу программы испытаний по разрешению проблемы значения трассирующих пуль.

Пользуясь случаем, позволим себе внести предложение.

Трасса пули, как мы уже говорили, весьма обманчива и часто вводит в заблуждение наблюдателя (рис. 54).

Из рисунка нетрудно заметить, что наблюдатель может принять за трассу отрезок aa_1, который сильнее зафиксируется в глазу, и ему представится, что пуля прошла выше самолета, тогда как она прошла ниже. Подобного рода обман зрения не является случайным, а представляет обычное явление.

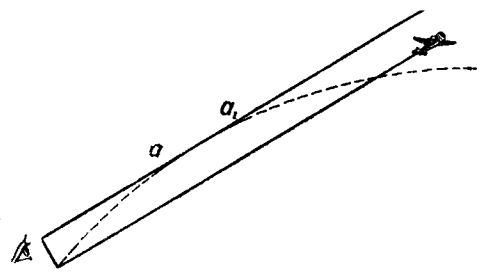


Рис. 54. Обман зрения при стрельбе светящимися пулями

Было бы весьма полезным, если бы трассирующие пули во время своего полета на определенных дистанциях давали цветные вспышки, что в значительной степени ослабило бы обман зрения и облегчило бы наблюдение.

Все вышеприведенное показывает, что трассирующими пулями, близкими по своей балистике к боевым и имеющими трассу до дистанции полезного огня, можно пользоваться для корректирования огня и в этом случае можно теоретически разработать правила корректирования стрельбы, которые, конечно, потребуют практической проверки.

Стрельба по самолетам в условиях плохой видимости

При наземных действиях давно уже существует тенденция использовать ночную темноту не только для тактических операций, но и для ночной стрельбы.

Несомненно, и для воздушного противника ночной покров является заманчивым условием для скрытого подхода и, главным образом, для сбрасывания бомб. Надо полагать, аэропланы не ограничатся только этими задачами, а расширят их вплоть до атак наземных войск во время ночных маневрирований и на отдыхе; отсюда возникает чрезвычайной важности проблема — противопоставить воздушному врагу столь же мощный отпор ночью, как и днем.

Таким образом, необходимость в ночной зенитной стрельбе из пулеметов очевидна, остается только ее развивать и культивировать путем разработки правил стрельбы и самой широкой тренировки.

Первая задача заключается в том, как обнаружить ночью противника и ориентироваться в его положении.

Вторая — как вести по нему огонь в условиях темноты.

Третья — в организации соответствующих методов обучения и тренировки.

Самолет может быть ночью замечен по незатушенным огням, выхлопам из патрубков мотора и по освещению прожекторами. Обнаруживание приближения самолета производится или специальными звукометрическими приборами или, без них, слухачами, специально обученными.

Лунные ночи по условиям видимости соответствуют сумеркам, туману и т. д.

В ночных условиях при освещении цели стрельба по самолетам будет вестись, в общем, согласно правилам для дневной стрельбы, лишь с некоторыми специальными осложнениями и особенностями. Необходимо отметить, что ночью впечатления о расстоянии обманчивы. Навык в определении дальностей достигается только длительной тренировкой. При отсутствии освещения наводка оружия возможна только на звук. В этом случае несомненно должны потребоваться специальные приборы для наводки, вроде угломеров, квадрантов, и специальные правила для ведения огня. Кроме того, к звукометрическим приборам должны быть предъявлены требования определения более конкретных данных для открытия огня. Этот момент должны учесть конструкторы звукометрических приборов.

Направление на самолет по шуму мотора, который ночью особенно хорошо слышен, может быть довольно точно определено, если нет вблизи специальных приборов, опытным, хорошо натренированным наблюдателем. Это достигается поворотами головы и сравнением впечатлений, получаемых то одним, то другим ухом, пока угол поворота не будет делаться все меньше и меньше и, наконец, голова не примет определенного положения, при котором оба уха будут слышать шум мотора с одинаковой интенсивностью.

Есть специально приученные сторожевые собаки, которые очень чутко определяют приближение самолета и направление на него.

Конечно, самый совершенный способ стрельбы по самолетам — это освещение его прожектором с земли или с аэростата. Здесь, кроме выгодных условий для стрельбы, имеется еще и то преимущество, что экипаж самолета, попав в луч прожектора и ослепленный им, не может смотреть на землю. Сознание, что самолет находится в поле зрения артиллерии и пулеметов, производит моральное воздействие на летчика. По данным испанской войны, правительственным прожекторам не всегда удавалось поймать неприятельский самолет, и стрельбу приходилось вести, направляя оружие по шуму мотора.

Теперь переходим к вопросу способов прицеливания. Достигается это или покрытием прицелов светящимся составом или освещением их экранированными электрическими лампочками.

Считается, что выгоднее пользоваться визирными, а не оптическими прицелами, так как видимость через них лучше, поле зрения шире. Оптические прицелы поглощают около 5—6% света на каждое отражение луча в его ходе в приборе.

Наиболее выгодным является применение трассирующих пуль, след которых ночью виден очень отчетливо на расстояниях до 1 000 *м*.

Стрельба трассирующими пулями не требует применения прицелов и производится простым совмещением траекторий с целью.

При современной технике стрельба по самолетам трассирующими пулями, вероятно, должна быть поставлена в первую очередь. Но в данном случае нужно помнить, что убойность и пробивное действие трассирующих пуль быстро понижаются с возрастанием дистанции, и на дистанции около 1 000 *м* их энергия будет не больше 50% начальной.

Обучение и тренировка в стрельбе по самолетам в условиях плохой видимости должны быть введены в наставления для зенитной стрельбы примерно по следующей программе:

1. Определение направления и примерная оценка расстояния до самолета невидимого.
2. Определение расстояний до самолетов, освещенных прожектором
3. Прицеливание по самолетам, освещенным прожектором.
4. Прицеливание по светящейся точке, подвешенной к змею или шару-пилоту.
5. Прицеливание по движущейся цели, освещенной прожектором или с подвешенным фонарем.

Считаем необходимым отметить, что упражнения эти должны иметь не показной характер, а тренировочный и входить в курс стрельб.

Французы уделяют большое внимание стрельбе по самолетам в ночное время.

Они считают, что если самолет не освещен прожектором, определить его положение и направление возможно путем прислушивания к шуму мотора.

Для этого применяют способы, заимствованные от зенитной артиллерии, но несколько упростив их.

Определив положение самолета, азимут и вертикальный угол возвышения, в дальнейшем эти данные наносят на планшет, где путем соединения ряда точек, характеризующих положение самолета, прочерчивается путь и определяется высота. Затем с учетом времени, затрачиваемого на работу у планшета, на наводку пулемета, на подачу команд и пр., определяются данные для стрельбы.

Основное упрощение работы на планшете заключается в предположении, что самолет движется с определенной постоянной скоростью, присущей современным бомбардировочным самолетам при бомбометании на определенной высоте.

Метод „ночной" стрельбы в развернутом виде имеет ограниченное применение в пределах высот самолета от 1 000 до 2 000 *м*,

и в этом заключается один из его недостатков. Другим недостатком метода является вероятность ошибок при определении места нахождения самолета по звуку без специального акустического прибора.

Несмотря на указанные недостатки, метод ночной стрельбы представляет интерес как в смысле постановки самого вопроса стрельбы зенитного пулемета непрямой наводкой, так и в возможном применении и усовершенствовании приборов, в особенности для более мощного, крупнокалиберного пулемета.

В нашем журнале „Вестник ПВО", № 1 за 1939 г., имеется статья военного инженера Цветковского К. К. под заглавием „Стрельба ночью по зенитным целям из пулеметов". В этой статье автор дает оригинальное предложение, по своему принципу развивающее мысль французов. Рекомендуем ее прочесть.

Приборы для ночной стрельбы (по французским данным)

Планшет подслушивания. Планшет служит для отметки азимута и угла возвышения источника звука, обнаруженного на-слух.

Планшет-график пути самолета. Высотная линейка. При помощи высотной линейки определяется по линии пути самолета его высота.

Линейка экстраполяции. Линейка экстраполяции позволяет определить по высоте самолета и прочерченному на планшете пути данные для открытия огня.

Приспособление пулемета для ночной зенитной стрельбы. Для ночной стрельбы пулемет снабжается особыми механизмами горизонтальной и вертикальной наводки.

Организация и ведение огня в ночных условиях. Для ночной стрельбы применяется группа пулеметов в составе не менее двух взводов, преимущественно одной и той же роты. Управление огнем группы организуется по правилам для пулеметного взвода.

Управление огнем. Командир группы при помощи унтер-офицера определяет высоту самолета; в частности, он отсчитывает по хронометру время, затраченное самолетом для прохождения через две засеченные на планшете точки. Командир группы должен учитывать, что зенитно-пулеметный огонь становится недействительным в следующих случаях:

а) при высотах полета свыше 2 000 *м*;

б) при высоте 1 500—2 000 *м*, когда угол возвышения менее 45°;

в) при высоте 1 000—1 500 *м*, когда угол возвышения менее 30°.

Планшетист (унтер-офицер) ведет линию пути и определяет, при помощи линейки экстраполяции, данные для первой и второй пулеметных очередей.

Слухач, отобранный из числа пулеметчиков, показавших лучшие успехи в подслушивании, определяет положение самолета и отмечает его на планшете подслушивания.

Счетчик читает и докладывает командиру группы данные планшетиста-подслушивателя; он должен передавать эти данные регулярно, примерно через каждые 10 сек.

Подготовка пулеметов. Для увеличения рассеивания по высоте пулеметам группы еще засветло придаются различные исходные установки.

Два пулемета получают увеличенную и уменьшенную установку на 2° и по одному пулемету на 4°. Таким образом, общая разность установок по высоте достигает 8°.

Ведение огня. По обнаружении самолета командир группы подает команду: „Слушать". По этой команде счетчик начинает докладывать координаты цели, отмеченные слухачом, планшетист наносит линию пути и ведет дальнейшую работу на планшете.

Нормальная продолжительность огневого периода должна охватывать до 30 сек. Начало периода определяется моментом, когда командир группы, пользуясь данными линии пути самолета и определенной высотой полета, найдет, что самолет входит в сферу пулеметного огня.

Огневой период распределяется следующим образом:

Ноль секунд — начало отсчета по секундомеру; начинают определяться данные для открытия огня.

6-я секунда — подается команда (азимуты, угол возвышения); пулеметы наводятся в цель.

10-я секунда — подается команда: „Огонь", пулеметы выпускают первую очередь.

17-я секунда — подается команда (азимут, угол возвышения), и пулеметы наводятся в цель для второй очереди.

21-я секунда — подается команда: „Огонь", пулеметы выпускают вторую очередь.

Огонь в том же порядке возобновляется, если самолет продолжает находиться в сфере пулеметного огня.

Огонь по самолетам на высотах ниже 1 000 *м*. Благодаря большой скорости перемещения проекции самолета по графику пути — на высотах ниже 1 000 *м* применение указанного выше метода стрельбы становится затруднительным.

Руководство рекомендует в этих случаях открывать огонь в момент, когда самолет будет находиться под углом более 45°; при этом должно быть взято некоторое упреждение.

Зенитный огонь в ночных условиях требует строжайшей дисциплины. Должны быть слышны только доклады счетчика и команды начальника группы; команды в случае необходимости повторяются взводным командиром.

Подготовка личного состава к ночной стрельбе. Основное внимание обращается на подготовку слухачей и планшетистов.

Практическим занятиям предшествует ознакомление обучающихся в общих чертах с теорией вопроса и изучением приборов для ночной стрельбы.

Французское руководство не дает четкого указания о виде огня, который нужно вести. В статье „Стрельба по зенитным целям ночью", помещенной в журнале „Вестник ПВО". № 1

за 1939 г., автор разделяет более четко случаи, при которых можно вести тот или иной вид огня, что является весьма ценным.

Эволюция огневого дела рисует нам следующее его развитие.

Был период, когда из пушки стреляли исключительно прямой наводкой; более сложные приемы стрельбы и вспомогательные приборы использовались только в береговой и крепостной артиллерии. Затем, мало-по-малу, полевая артиллерия заимствует с успехом их использование для своих боевых задач. На наших глазах в 1910—1911 гг. были такие, как тогда казалось, утописты, которые еще робко вносили предложения о постановке на пулеметы угломеров. Тогда же в правила стрельбы из пулеметов был введен ряд приемов, заимствованных от артиллерии: пристрелка взятием цели в вилку и другие.

Если бы по настоящее время мы сохранили методы стрельбы довоенного времени, то были бы самыми отсталыми в техническом отношении. Однако наша военная техника уже давно перешагнула через первый этап — „догнать и перегнать". Теперь перед ней стоят новая проблема и лозунг „не дать догнать и перегнать".

Виды огня по самолетам для станкового пулемета, ручного пулемета и винтовок

Стрельба по самолетам, как мы в этом уже достаточно убедились, настолько сложна, что иногда оказывается рациональнее использовать то одно оружие, то другое и, наконец, из одного и того же, в зависимости от маневрирования авиацели и других данных, приходится применять различные приемы стрельбы и виды огня, к рассмотрению которых и практического их значения в различных условиях боя мы и переходим.

Станковый пулемет с дистанционным прицелом. Обстрел самолетов из станковых пулеметов возможен тремя следующими способами:

Заградительный огонь. Пулемет наводят в точку на пути следования самолета и открывают огонь, когда последний подойдет примерно на два-три упреждения к намеченной точке, удерживая пулемет в приданном ему направлении.

Огонь прекращается, когда самолет будет сбит или пройдет точку прицеливания примерно на величину упреждения. Идея заключается в том, что на пути следования самолета устраивается завеса из снопа пуль, в которую неизбежно, казалось бы, должен попасть обстреливаемый самолет.

Такой способ стрельбы не использует полностью мощности огня автоматического оружия, так как авиацель площадью 2 $м^2$ быстро проходит опасную зону, и число возможных попаданий будет ограничено одной-двумя пулями при стрельбе из одного пулемета. Простота обслуживания пулемета при таком виде огня является настолько заманчивой, что временами „заградительный огонь" рекомендовался уставами как исключительный.

Существуют и сейчас большие сторонники этого способа, но, как увидим ниже, такое однобокое решение далеко не правильно.

Огонь сопроводительный. Согласно правилам стрельбы, пулемет наводится в цель, и немедленно открывается огонь. Наводчик, не прекращая огня, удерживает самолет на прицеле, поддерживая его, пока самолет не будет сбит, не скроется за местным предметом или не уйдет из сферы действительного пулеметного огня.

Этот вид огня по идее представляет полную противоположность заградительному огню.

Очевидно, трудность удержания маневрирующего самолета на прицеле ведет к тому, что совмещение точки прицеливания с самолетом окажется очень затруднительным, но зато действительность огня, ввиду того что под обстрелом самолет будет находиться значительное время, во много раз превысит таковую огня заградительного.

Представляет ли этот вид огня в конечном результате преимущество перед заградительным огнем? Конечно, такое категорическое решение было бы также преждевременным, однако приближенные подсчеты показывают, что в данном случае за один пролет самолета в сфере действительного пулеметного огня можно ожидать от 1 до 13 попаданий в зависимости от высоты и курсового параметра полета самолета, при этом наибольшее попадание будет при курсовом параметре 0 *м*.

Огонь очередями. Этот вид огня по существу представляет нечто среднее между заградительным и сопроводительным и некоторыми авторами именуется заградительно-сопроводительным огнем. Этот вид огня увеличивает меткость, используя промежутки между очередями для восстановления совмещения точки прицеливания с самолетом и уменьшает возможность поражения самолета примерно пропорционально уменьшению количества выстрелов, которые можно было бы произвести между очередями при сопроводительном огне. Количество возможных попаданий зависит от количества очередей, количество очередей зависит от скорости полета самолета и упредительного времени на новую наводку.

Ручной пулемет. Ручные пулеметы, так же как и станковые, можно использовать для всех трех видов огня. Однако отсутствие установки и малопатронные магазины делают действительность его огня слабее, чем огня станковых пулеметов на средних и больших дистанциях, и более сильным при бреющих полетах, вследствие его большой подвижности.

Винтовка. Из винтовок можно применять два вида огня: „залпами" и „одиночный, вольный".

В настоящее время предпочитается огонь „залпами", примерно отделениями в 12 стволов.

В первый момент по вылете пули залпы располагаются в пространстве в виде эллипсоида, сильно растянутого параллельно фронту стрелков, затем, по мере увеличения дистанции, ось эллипсоида, перпендикулярная средней траектории, еще больше

растягивается, почти пропорционально расстоянию, а в направлении выстрела — под влиянием неодинаковых начальных скоростей и прочих случайных причин.

Одиночный вольный огонь. В первый момент после команды „Огонь" получается как бы залп, так как все стрелки были приготовлены и ждали команды. Затем, ввиду того что один стрелок спешит, другой запаздывает, моменты выстрелов разрываются, и огонь переходит в непрерывный.

Предпочтение, отдаваемое залповому огню (обыкновенной боевой пулей), надо считать ошибочным; что достигается им? Эффект, моральное воздействие на летчика? Нет, так как шум мотора заглушает свист пуль, и летчик не чувствует опасности. Дисциплина огня? Зенитчик должен быть так воспитан, чтобы мог пользоваться доверием. В моменты же бреющих полетов залповый огонь явится совершенно невозможным и сам собой, по произволу стрелков, обратится в одиночный. Преимущества же одиночного огня очевидны — здесь стрелок выпускает пулю в момент, когда ему удалось поймать самолет на мушку, а не тогда, когда будет подана команда „пли" („огонь"), т. е. выпускает ее сознательно, без излишнего волнения.

Ознакомившись с основными видами огня, перейдем к сравнительной их оценке с точки зрения возможности попадания, т. е. действительности огня.

Возможность попадания в самолет B зависит от следующих факторов:

1) величины жизненной части самолета $ж$,

2) практической частоты стрельбы m,

3) радиуса рассеивания пуль для заградительного огня при стрельбе из пулеметов (который берем за эталон) $R_з$,

4) числового коэфициента радиуса рассеивания для сопроводительного огня $K_с$,

5) то же для огня очередями $K_о$,

6) то же для огня из винтовок $K_в$,

7) длины пути самолета под огнем в метрах, $A = a_1 + a_2 \ldots a_n$,

8) скорости самолета v $м/сек$,

9) числа пуль в очереди для огня очередями p,

10) интервалов между очередями в секундах для огня очередями N,

11) интервалов между выстрелами из винтовки $N_в$,

12) курсового параметра $П$,

13) количества оружия или точек заграждения n.

Зависимость между этими факторами может быть выражена формулами возможного числа попаданий.

Пытаться выразить эту возможность в процентах от числа выпущенных пуль весьма затруднительно, так как возможное число выпускаемых пуль по самолету за данный эпизод есть уже само по себе фактор зависимости.

Иначе говоря, возможность попадания определяется числом полезных пуль, как функцией условий данной огневой обстановки.

Формулы, определяющие количество ожидаемых попаданий:

$$B_з = \frac{2жт}{\pi R_з v}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (20)$$

$$B_с = \sum \frac{жат}{\pi K_с^2 R_з^2 v}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (21)$$

$$B_о = \sum \frac{2жт}{\pi K_о R_з v}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (22)$$

$$B_в = \sum \frac{2ж\,0{,}75\,n}{\pi K_в^2 R_з^2 v}. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (23)$$

Индексы при B — з, с, о, в — означают: заградительный, сопроводительный, очередями, из винтовки:

a — участок пути $A = a_1 + a_2 + a_3 + \ldots$, проходимый самолетом примерно при одинаковых огневых условиях;

Σ — сумма B участков $a_1, a_2, \ldots a_n$;

n — число винтовок.

Вывод формул см. ниже, на стр. 119—121.

Все величины, входящие в формулы, кроме v, непостоянны, зависят от целого ряда причин и частично находятся во власти наводчика.

Площадь жизненной части самолета $ж$ зависит от угла встречи, т. е. от углов: курсового K, местности ε и наклона направлений полета цели к горизонту (H):

$$\cos в = \cos\varepsilon \cdot \cos H \cdot \cos K - \sin\varepsilon \cdot \sin H,$$

где $в$ — угол встречи (см. стр. 14).

Примерно считается, что если самолет идет в лоб, т. е. вдоль линии цели, то $ж = 1\ м^2$ и под углом $K = 90° - 3\ м^2$. Однако, имея в виду, что авиацель является объемной целью, было бы правильнее считать площадь цели равной некоторой средней величине — около $2{,}5\ м^2$.

Практическая частота стрельбы m зависит от технической скорострельности; безотказности действия оружия, быстроты смены магазина и охлаждения пулемета.

Радиус рассеивания пуль при заградительном огне $R_з$ зависит от всех причин, ранее указанных при рассмотрении причин, влияющих на рассеивание, т. е. от станка и оружия, грунта, состояния погоды, подготовленности обслуживающего пулемет персонала, конструкции прицела и пр.

Коэфициент $K_с$ при $R_з$ для сопроводительного огня несомненно будет больше единицы ($K_с > 1$), так как все причины, изменяющие величину радиуса рассеивания для заградительного огня, имеют место и для сопроводительного, и каждая из них усиливается. Кроме того, при сопроводительном огне оказывают влияние на увеличение радиуса рассеивания еще следующие причины: трудность удерживать маневрирующий самолет на прицеле, в особенности при автоматическом огне, когда пулемет и визиры

прыгают; разнообразие в установке на прицеле курса самолета и скорости полета самолета во время обстрела; ошибки в таблицах стрельбы и другие причины.

Коэфициент K_0 при $R_з$ для огня очередями аналогичен заградительному, но ввиду того что на пути самолета будет делаться возможно большее число заграждений, притом в разных направлениях, точность прицеливания должна понизиться, т. е. R увеличится.

Но можно предполагать, что $K_0 < K_c$.

Коэфициент $K_в$ при $R_з$ для огня из винтовок, так как каждый отдельный выстрел будет иметь большую точность по сравнению даже с заградительным огнем из пулемета, будет меньше 1.

Радиус R и коэфициент K в условиях боевой обстановки

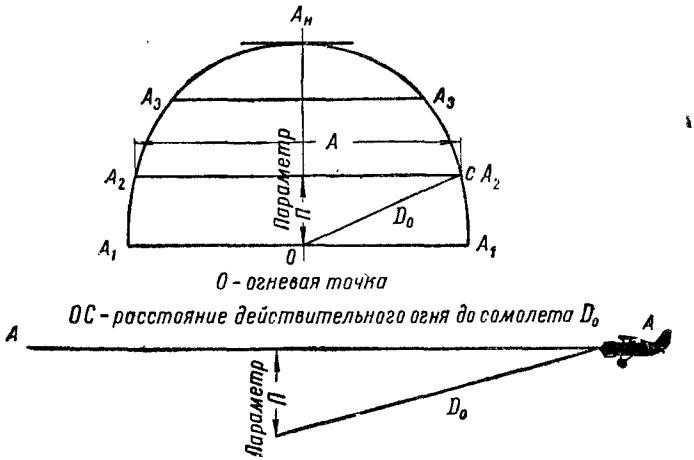


Рис. 55. Курсовой параметр $П$

будут непрерывно меняться, так как все время будут меняться и самые причины, влияющие на величину радиуса рассеивания, часто в противоположных по знаку направлениях. Так, например, самолет приближается: расстояние уменьшается, радиус рассеивания R уменьшается, угловая скорость авиацели увеличивается, моральное воздействие увеличивается, радиус R и коэфициент K увеличиваются.

Путь A движения самолета в пределах действительного огня. Пусть $П$ — величина курсового параметра (рис. 55).

Из чертежа видно, что путь движения самолета под действительным огнем

$$A = 2\sqrt{D_0^2 - П^2},$$

где A — обстреливаемый путь самолета и D_0 — горизонтальная дальность до самолета.

Из формулы видно, что величина A меняется от 0 при $D_0 = П$ до $2D_0$ при $П = 0$.

Кроме того, величина обстреливаемого пути самолета зависит от правильного выбора позиции в смысле отсутствия мертвых пространств, создаваемых лесом, горами, строениями и пр.; от своевременного обнаружения противника и открытия по нему огня.

Линейная скорость самолета v — величина независимая.

Возвращаясь к приведенным формулам возможности попадания для более наглядного их анализа, возьмем их отношения:

$$\frac{B_c}{B_з} = \frac{A}{2K_c^2 R_з},$$

откуда

$$B_c = B_з \frac{A}{2K_c^2 R_з}.$$

При $B_c = B_з$

$$\frac{A}{2K_c^2 R_з} = 1, \quad K_c = \sqrt{\frac{A}{2R_з}}.$$

По этим формулам составлены нижеприводимые таблицы числовых зависимостей B_c и $B_з$ при $K_c = 1$, т. е. когда $R_c = R_з$, и величин K_c и $B_c = B_з$.

Для получения ожидаемого числа попаданий пуль в жизненную часть самолета при сопроводительном огне (при равных радиусах рассеивания сопроводительного и заградительного огня) необходимо табличное число значения K умножить на ожидаемое число попаданий $B_з$ при заградительном огне.

Таблица А

Отношения $\frac{B_c}{B_з} = \frac{A}{2R_з}$ при $K_c = 1$

$2R_з$ в *м* \ Путь самолета A в *м*	400	600	800	1 000	1 200
2	50	75	100	125	150
12	33	50	66	83	100
16	25	38	50	63	75
20	20	30	40	50	60
40	10	15	20	25	30
50	8	12	16	20	24

Таблица Б

Зависимости K_c при $B_c = B_з$ от A и $R_з$;

$$K_c = \sqrt{\frac{A}{2R_з}}$$

Путь самолета A в *м* / $2R_з$ в *м*	400	600	800	1 000	1 200
8	7,1	8,7	10 0	11,0	12,0
12	5,7	7,1	8,1	9,1	10,0
16	5,0	6,1	7,1	7,9	8,7
20	4,5	5,5	6,3	7,1	7,7
40	3,2	3,9	4,5	5,0	5,6
50	2,8	3,5	4,0	4,5	4,9

Для получения одинакового числа ожидаемых попаданий (т. е. $B_з = B_c$) для заградительного и сопроводительного огня необходимо, чтобы радиус рассеивания пуль сопроводительного огня был больше заградительного в число раз, указанное в табл. А.

Таблица Б показывает, что при больших радиусах рассеивания и меньших путях цели отношение между радиусами R_c и $R_з$ уменьшается; так, например, при $2R_з = 50$ *м* и $A = 400$ *м* R_c становится больше $R_з$ только в 2,8 раза, тогда как при $2R_з = 8$ и $A = 1\,200$ *м* $K_c = 12$.

Радиус R_c всегда будет больше $R_з$, так как, стреляя в одном направлении, легче удерживать пулемет от отклонения как по высоте, так и в стороны, отчего сноп пуль заградительного огня будет кучнее, чем мнимый сноп пуль и площадь сопроводительного огня, где каждая пуля выпускается в новом направлении.

Пояснение термина „мнимый сноп пуль" и „мнимая площадь рассеивания". При сопроводительном огне выпускаемые из оружия пули фактически описывают траектории в различных местах пространства и пересекают плоскость полета самолета, перпендикулярную к линии выстрела, также в различных точках пространства, но эти точки пересечения все время окружают самолет. Если бы нам удалось измерить отклонение каждой из этих точек от самолета и потом, приняв самолет за начало координат, обозначить эти точки на чертеже, то мы получили бы вокруг самолета какую-то определенную площадь, занятую этими точками, изображающими пролет пуль около самолета в разные моменты его движения, а соединив все точки кривыми с местом стояния

оружия, получили бы сноп траекторий. В отличие от снопа траекторий и площади рассеивания при стрельбе в одну точку, полученный воображаемый сноп и площадь рассеивания будем называть „мнимым снопом" и „мнимой площадью рассеивания".

Определение числа выстрелов в очереди. Чтобы выполнить идею заградительного огня для каждой очереди, необходимо дать упреждение и поддерживать огонь, пока не появится уверенность, что самолет прошел обстреливаемую зону.

Имея в виду, что жизненная часть самолета проходит обстреливаемую зону из одного пулемета в 0,1 сек., в течение которой в указанную площадь могут достичь (при любой длине очереди) максимум две-три поражающие пули, в практике принято выпускать при заградительном огне очередь в 10—12 пуль. Эта длина очереди дает возможность открыть огонь раньше подхода самолета к границе поражаемого пространства на время выпуска 5 пуль $\left(\frac{12-2}{2}=5 \text{ пуль}\right)$, т. е. на $0{,}1 \cdot 5 = 0{,}5$ сек., что соответствует (при скорости движения самолета 70 *м/сек*) расстоянию $70 \cdot 0{,}5 = 35$ *м*; на такую же величину прохода самолета обстреливаемой зоны можно позже прекратить огонь. Это создает некоторую предупредительную зону на возможные ошибки в наводке.

Определим теперь полное время, затрачиваемое на очередь. На выпуск 12 пуль уйдет $12 \cdot 0{,}1 = 1{,}2$ сек. и на перенос точки прицеливания примерно 4,8 сек., итого потребуется на очередь 1,2 сек. + 4,8 сек. = 6 сек. Полагая, что самолет будет обстреливаться на протяжении 1 200 *м*, он будет находиться под огнем 1 200 : 70 = около 17 сек. За это время можно будет сделать $17 : 6 \approx 3$ очереди. Вообще говоря, обстреливаемая длина пути самолета зависит от высоты и курсового параметра движения самолета и колеблется от 600 до 1 400 *м*, а значит, и количество очередей является переменной величиной.

Определим количество ожидаемых попаданий в жизненную часть самолета при стрельбе из стрелкового оружия при различных видах огня.

Поясним ход работы на численном примере, а затем сведем его в обобщающую формулу.

Допустим, что ведем заградительный огонь и что радиус обстреливаемой зоны, т. е. площади рассеивания пуль, $R_з = 2$ *м*.

Скорость движения самолета 60 *м/сек*.

Темп стрельбы $m = 10$ выстрелам в 1 сек.

Жизненная часть самолета $ж = 2$ *м*^{2}.

Решение. Диаметр опасной зоны $2R_з = 4$ *м*. Время прохождения опасной зоны самолетом $t = 4 : 60 = 0{,}07$ сек.

Число пуль, пересекающих обстреливаемую зону в момент нахождения в ней жизненной части самолета, $b = 0{,}07 \cdot 10 = 0{,}7$.

Площадь обстреливаемой зоны

$$C_з = \pi R^2 = 3{,}14 \cdot 2^2 = 12{,}56 \text{ м}^2.$$

Ожидаемое число попаданий $B_з$ в жизненную часть самолета найдем из пропорции:

$$\frac{B_з}{0{,}7} = \frac{2}{12{,}56};$$

$$B_з = \frac{0{,}7 \cdot 2}{12{,}56} = 0{,}11 \text{ пули.}$$

В общем виде формула принимает вид:

$$\frac{B_з}{b} = \frac{ж}{\pi R_з^2};\quad B_з = \frac{bж}{\pi R_з^2},\quad \text{но } b = tm;\quad t = \frac{2R_з}{v},\ b = \frac{2R_з m}{v};$$

$$B_з = \frac{2жm}{\pi R_з v} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (20)$$

Огонь сопроводительный. Количество ожидаемых попаданий при сопроводительном огне определим по тому же методу, который использовали для заградительного огня.

Для примера возьмем те же данные, за исключением величины обстреливаемой зоны, которая будет равна длине A всего

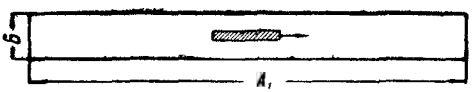


Рис. 56. Опасная (обстреливаемая) зона при сопроводительном пулеметном огне

обстреливаемого пути самолета (рис. 56), умноженной на некоторую высоту $Б$. Радиус мнимой площади рассеивания $R_с$ возьмем равным 2 *м*. Длину обстреливаемого пути самолета A примем равной 1 200 *м*; скорость самолета $v = 60$ *м/сек*; темп стрельбы в 1 сек. $m = 10$ пуль и жизненную часть самолета $ж = 2$ *м*^{2}.

Время прохождения самолетом обстреливаемой зоны

$$t = 1\,200 : 60 = 20 \text{ сек.}$$

Число пуль, пересекающих обстреливаемую зону за время нахождения в ней самолета,

$$b = 20 \cdot 10 = 200 \text{ пуль.}$$

Мнимая площадь рассеивания пуль

$$C_с = \pi R_с^2 = 3{,}14 \cdot 2^2 = 12{,}56 \text{ м}^2$$

Ожидаемое число попаданий $B_с$ определится из пропорции

$$\frac{B_с}{200} = \frac{2}{12{,}56};\quad B_с = \frac{200 \cdot 2}{12{,}56} = 32 \text{ пули,}$$

и в общем виде формула принимает вид

$$\frac{B_с}{b} = \frac{ж}{C_с};\qquad B_с = \frac{bж}{C_с};\quad b = tm;$$

$$t = \frac{A}{v};\quad b = \frac{Am}{v};\quad C_с = \pi R_с^2$$

или окончательно:

$$B_с = \frac{жAm}{\pi R_с^2 v} = \sum \frac{жat}{\pi K_с^2 R_з^2 v}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (21)$$

где

$$K_с R_з = R_с \text{ и } \Sigma a = A.$$

Огонь очередями (заградительно-сопроводительный). Для определения ожидаемых попаданий $B_о$ достаточно определить таковую для каждой очереди отдельно по формуле (20) для заградительного огня и результаты сложить [форм. (22), стр. 115].

Огонь из винтовок аналогичен сопроводительному огню из пулемета с той разницей, что, во-первых, пули летят друг от друга не на равномерных промежутках времени, а на разных, и, во-вторых, могут быть случаи одновременного выстрела из двух или нескольких винтовок. Приближенно можно принять, что из числа всех стрелков 25% будут производить выстрел

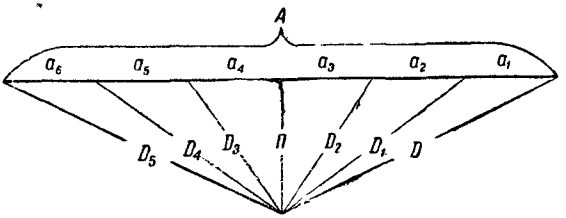


Рис. 57. Обстреливаемый путь самолета, разбитый на участки с одинаковыми огневыми данными

одновременно, при этих условиях темп стрельбы m будет равен $0{,}75n$, где n — число стрелков, и поэтому

$$B_в = \frac{жA \cdot 0{,}75n}{\pi R_в^2 v} = \sum \frac{жa \cdot 0{,}75n}{\pi K_в^2 R_з^2 v} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (23)$$

Условия стрельбы по самолету непрерывно меняются с изменением расстояния, курса самолета, метеорологических условий, угловой скорости и т. д.

Допустим, что самолет проходит под огнем путь A при параметре $П$ (рис. 57), где $A = a_1 + a_2 + \ldots + a_n$.

Будем считать, что условия стрельбы остаются постоянными на каждом из отрезков (a). Определяя для них отдельно количество возможных попаданий, получим:

$$B_с = B_с^{a_1^с} + B_с^{a_2^с} + \ldots + B_с^{a_n^с},$$

$$B_о = B_о^{a_1^о} + B_о^{a_2^о} + \ldots + B_о^{a_n^о},$$

$$B_в = B_в^{a_1^в} + B_в^{a_2^в} + \ldots + B_в^{a_n^в}.$$

Для того чтобы выявить наивыгоднейший вид огня, необходимо все буквенные значения заменить числовыми, однако теоретические подсчеты могут быть произведены с рядом допусков,

которые не дадут полной точности без проверки их большим количеством боевых опытов.

Пример. Возьмем для примера численные значения буквенных величин в приведенных формулах (20, 21, 22 и 23) (ожидаемых попаданий), указанные в нижеследующей таблице:

Условия стрельбы для каждого отрезка

		a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}
1	*ж*	1	1	2	2	3	3	2	2	1	1
2	m	10	10	8	6	5	4	6	10	10	10
3	$R_з$	12	10	8	6	4	4	6	8	10	12
4	$K_с$	1	6	14	40	—	—	40	14	6	1
5	$K_о$	1	2	4	6	8	8	6	4	2	1
6	$K_в$	0,4	0,4	0,5	0,6	0,8	0,8	0,6	0,5	0,4	0,4
7	A	250	200	150	120	60	30	90	100	100	100
8	v	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
9	D	600	500	400	300	200	200	300	400	500	600

Данные последней строки в формулы не входят и являются вспомогательными для вычислений.

Строка 1. — *ж* — на участке пути a_1 — самолет находится далеко, идет почти в лоб, жизненная часть примерно равна 1 $м^2$.

Дальше, по мере приближения, самолет все больше и больше поворачивается боком, приближаясь по величине своей жизненной части к 3 $м^2$ (участок a_5 и a_6) и затем по мере удаления опять уменьшается.

Строка 2. — m — практическая скорострельность стрельбы будет, конечно, для отрезков a_1, $a_2 \ldots a_{10}$ неодинаковая: чем ближе самолет, тем больше угловая скорость его, тем больше моральное впечатление, тем больше суеты, тем больше возможно задержек в пулемете вследствие невнимания обслуживающего персонала. Все сказанное уменьшит скорострельность.

Строка 3. — $R_з$ — радиус заградительного огня возьмем для наклонной дистанции 200 *м* по направлению курсового параметра равным 4 *м* и для остальных дистанций примем, что радиус изменяется пропорционально расстояниям.

Строка 4. — K_c — коэфициент к радиусу $R_з$ для сопроводительного огня зависит: а) от причин, влияющих на рассеивание заградительного огня, но в разной степени с сопроводительным огнем, и б) от причин, свойственных только сопроводительному огню.

Допустим, что влияние ошибки от неправильного определения дистанции для заградительного огня будет равно M, а для сопроводительного в K_1 раз больше, т. е. будет равно $M \cdot K_1$.

Угловая скорость цели при заградительном огне не является причиной, увеличивающей рассеивание, для сопроводительного же огня она имеет огромное значение и допустим, что она увеличивает его в K_2 раз. Тогда $K_c = K_1 \cdot K_2$ и вообще $K_c = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \ldots K_n$.

Огонь по самолету на большом расстоянии мало отличается от заградительного огня, так как угловая скорость самолета на этих дистанциях маленькая, потому K_c для участков a_1 и a_{10} принимаем равным единице.

Для участков a_5 и a_6, близких к параметру, где угловая скорость на указанную дистанцию будет около 17°, считаем ведение сопроводительного огня невозможным и потому K_c на этих участках не даем, на остальных участках постепенно K_c уменьшается от 40 до 1. Коэфициенты K_c, как выше сказано, получаем от перемножения коэфициентов значимости каждой из причин, влияющей на рассеивание выстрелов. Эти коэфициенты необходимо получить опытным путем, нами же они были взяты по личному впечатлению влияния каждой из причин на стрельбу.

Строка 7. — $A = a_1 + a_2 + \ldots + a_n$.

Для a берем отрезки произвольной величины — они могут быть неравными.

A	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}
1 200 =	250	200	150	120	60	30	90	100	100	100

Строка 8. — v — для данного примера возьмем постоянной, равной 60 *м/сек*.

Строка 9. — D. Дистанция до самолета в формулы не входит, но нужна для определения величин радиусов рассеивания.

По данным приведенной таблицы определяем по формулам ожидаемое количество попаданий для участков a_1, a_2, $a_3 \ldots a_n$ и затем, суммируя их, получаем ожидаемое количество попаданий для всего обстреливаемого участка. В нижеприведенной таблице подсчитаны ожидаемые попадания для каждого участка.

Из полученных данных видно, что для взятых условий самым выгодным видом огня является сопроводительный, который дал 0,2 попадания, несмотря на то, что на участке от a_7 до a_3, вследствие большой угловой скорости, мы считаем сопроводительный огонь невозможным. На этих участках мы считаем, что следует применять огонь очередями, отчего возмож-

Ожидаемые попадания

Вид огия	Формулы	Обстреливаемые участки										Сумма
		a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}	
Заградительный	$\frac{2ж \cdot m}{\pi R_з v}$	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,03	0,02	0,03	0,01	0,01	Наивыгоднейш 0,04
Сопроводительный . .	$\frac{жAm}{\pi K_с^2 R_з^2 v}$	0,1	0,003	Сопроводительным огием стрелять нельзя (большая угловая скорость)					—	0,003	0,1	0,206
Очередями	$\sum \frac{2 \cdot ж \cdot m}{\pi \cdot K_0 R_з v}$	Огия не было	0,005	Огня не было	0,03	Огня не было	0,004	Огня не было	0,006	Огня ие было	0,01	0,055
Из 12 винтовок	$\sum \frac{ж \cdot 0{,}75n}{\pi \cdot K_в R_з v}$	0,09	0,003	—	0,026	—	0,003	—	0,005	0,003	0,009	0,0139

ность попадания увеличится на 0,045 пули, а всего будет попаданий 0,245 пули.

Следует отметить, что с улучшением технических средств и обучения наводчиков будет возможен и целесообразен сопроводительный огонь и на участках, близких к параметру, и тогда ожидаемые попадания могут значительно превысить единицу.

Принимая во внимание непрерывную смену условий зенитной стрельбы, нам кажется, что было бы полезно предоставить использование того или другого вида огня для различных моментов данного боя самому наводчику.

Все вышеприведенные вычисления дают лишь общий характер относительных возможностей попаданий при различных видах огня, но отнюдь не действительные возможности попаданий, так как все числовые данные, как было сказано, взяты по личному впечатлению значимости различных причин.

Однако все изложенное дает нам вполне обоснованное указание на путь, ведущий к разрешению проблем не только по сравнительной оценке видов огня, но и задач, которые должны быть поставлены перед повышением квалификации зенитчиков-бойцов и зенитчиков-техников.

Задачи эти сводятся:

1) к выявлению конкретных (числовых) данных для замены буквенных величин, входящих в формулы; сами формулы могут быть составлены по другому принципу, а именно: по принципу предварительного определения тем или иным способом вероятных отклонений (сердцевинных полос) для различных условий стрельбы;

2) к доведению числовых данных до рекордных норм путем технических усовершенствований средств зенитной стрельбы и соответствующими методическими приемами.

Задачи эти разрешаются:

1) путем научно-исследовательских изысканий и постановкой ряда специальных опытов и

2) вменением в обязанность зенитным частям, в особенности школам и КУКСам, ведения журналов стрельбы.

Этот статистический материал значительно облегчит и уточнит работу по первому пункту.

Итак, если удастся в конечном результате выявить конкретные числовые данные элементов, влияющих на стрельбу, т. е. заменить буквенные величины, входящие в формулы, числовыми, то путем решения ряда типичных эпизодов и сравнения их мы сумеем дать твердые указания, когда и в каких случаях следует применять тот или другой вид огня.

Однако в связи с усовершенствованием технических средств и степени квалификации зенитчиков числовые данные будут изменяться, а вместе с тем будет изменяться и их зависимость. Это может вызвать изменение взгляда на относительное значение видов огня, а потому этот вопрос требует постоянного к себе внимания.

Об опасности стрельбы по самолетам для своих войск

Балистические свойства пули при падении ее на землю. Опасность стрельбы по самолетам для своих войск зависит от:

а) Убойности пули при падении ее на землю.

Практика последнего времени дает право предполагать, что пуля является убойной для человека при всех навесных траекториях (табл. 14 в конце книги).

б) Вероятности попадания в свои войска.

Ее трудно подсчитать вследствие большого разнообразия рассеивания пуль по местности при навесной стрельбе; на опытных стрельбах по снегу и песку часто из 700 выпущенных пуль под углом от 60° и выше на площади длиной в 2 *км* и шириной 0,5 *км* удавалось найти две — четыре и в редких случаях десяток пуль; это показывает, что рассеивание очень велико.

На практике приходится считаться с чрезвычайно прихотливыми особенностями воздушных течений, почти непрерывно меняющими свое направление и силу, а также с тем, что направление и сила ветра нередко на разных высотах бывают неодинаковые — часто диаметрально противоположные.

Наконец, при стрельбе по самолету приходится все время менять как направление стрельбы, так и углы возвышения.

Принимая во внимание изложенное, чрезвычайно трудно дать указания на меры предосторожности, вполне гарантирующие безопасность своих войск без ущерба для действительности огня против неприятельских самолетов. Поэтому необходимо, казалось бы, оставить за непосредственными начальниками войсковых соединений инициативу в использовании предлагаемых в настоящей заметке мероприятий.

Начальник должен учитывать и взвешивать шансы сбития самолета и величину вероятной опасности для своих войск.

Меры предосторожности должны исходить с двух сторон:

а) от войск, подвергающихся опасности, и

б) от зенитных частей, огонь которых при обстреливании самолетов может быть опасным для своих войск.

Войскам, подвергающимся опасности быть пораженными огнем по самолетам, если представляется возможность, следует располагаться укрыто.

На биваках и привалах: в лесу (сучья деревьев могут в достаточной степени ослабить удар), под крышами строений и навесами, под мостами и, наконец, под повозками.

Часто опасность может быть учтена заблаговременно или с момента падения первых пуль и продолжаться лишь несколько минут, после чего укрытия могут быть оставлены.

Если местность занимается на продолжительное время, то прежде всего необходимо ориентироваться, с какой стороны может быть опасность, запросив необходимые сведения от зенитных частей и в то же время сообщив им характер своего расположения.

Лучше, если общий начальник информирует об этом части сам, снабдив их необходимыми указаниями и ориентировочными отчетными карточками.

Получив их, начальник войскового соединения, которое находится под опасностью попадания в них случайных пуль зенитного огня, делает распоряжение об устройстве убежищ, о размещении войск, обозначении вехами опасных зон, выставляет наблюдательные пункты, которые могли бы заблаговременно предупредить об опасности, и т. д.

При походном движении или, тем более, на боевой позиции, начальник войскового соединения, которое может подвергнуться опасности, никаких мер предосторожности не принимает, так как таковые могли бы внести беспорядок. Обязанность эта ложится исключительно на начальников зенитных частей.

В своих соображениях как начальник войсковых соединений, могущих подвергнуться опасности, так и начальник зенитных

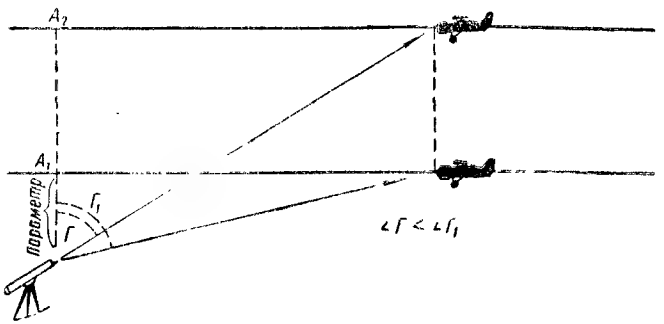


Рис. 58. Проекция движения самолета на горизонт оружия. Зависимость горизонтальных углов упреждения от параметра

частей, должны ориентироваться таблицами-графиками, подобными таблице-графику 15 (см. в конце книги), зависимости дальностей полета пули по горизонту ($D_г$) от углов возвышения (B).

Пользование графиком следующее:

Пример. Войска расположены от зенитной позиции на дистанции 1 200 *м*. Под какими углами возвышения стрельба является опасной для своих войск?

На вертикальной шкале находим дистанцию $D_г = 1\,200$ *м*.

На горизонтальной линии отыскиваем точку пересечения с кривой. Таких точек две: первая соответствует настильной траектории (ближайшая) и вторая (дальняя) — навесной. Проводя от этой точки вниз вертикальную линию, находим угол возвышения $B = 78°$, при котором есть опасность попаданий в свои войска.

Выявим зависимость направления стрельбы по горизонту и по высоте (изменения углов возвышения) от курса движения самолета.

Путь движения самолета может быть по кривой или по прямой.

Если самолет маневрирует в одной горизонтальной плоскости, описывая круги около позиции зенитных пулеметов, то дистанция остается постоянной и изменяется лишь направление стрельбы.

Если самолет идет по прямой, хотя бы по горизонтальной линии, изменение направления ствола будет как в стороны, так и по высоте. Чем курсовой параметр больше, тем углы как в горизонтальном направлении, так и по высоте (вертикальном) будут изменяться медленнее. При параметре, равном нулю, будут меняться только углы возвышения (рис. 58).

Зависимость вероятности поражения своих войск от курса движения самолета. Практика показала, что средняя плотность падения пуль на землю при стрельбе под большими углами возвышения в одном направлении составляет примерно одну пулю на площадь 100 $м^2$. При обстреле самолета сопроводительным огнем площадь рассеивания будет увеличиваться как в дальности, так и, в особенности, в боковом направлении.

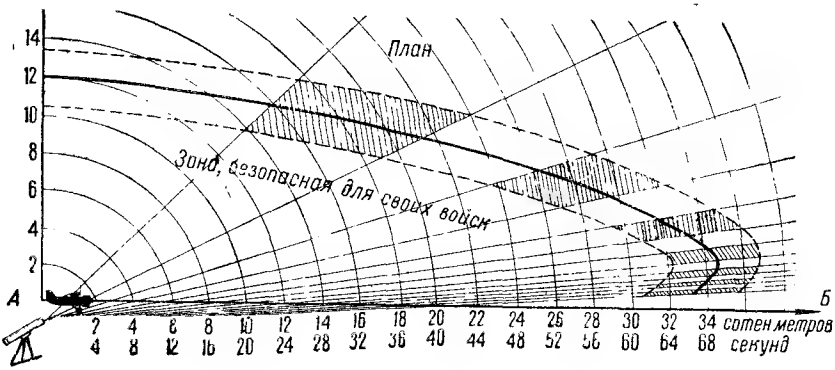


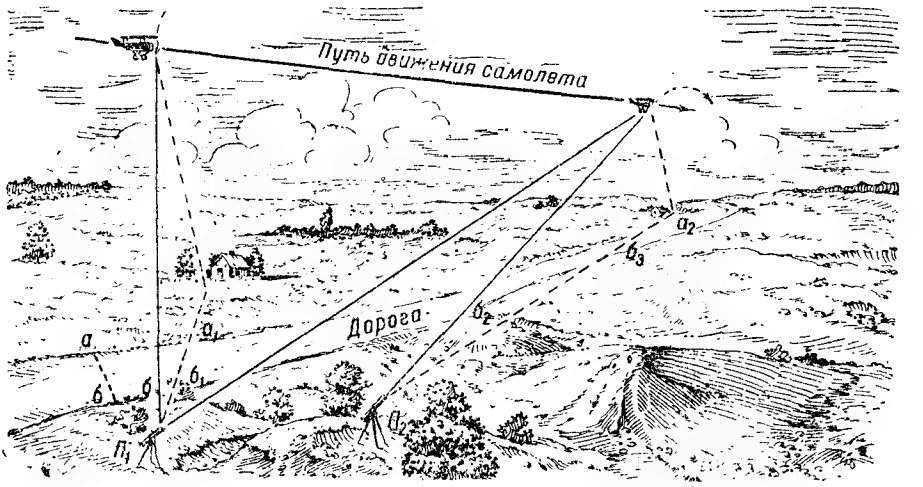
Рис. 59. Схема поражаемых пространств по горизонту оружия при стрельбе по самолетам. По мере приближения самолета к направлению выстрела опасность поражения своих войск, расположенных вдоль линии *АБ*, увеличивается. На схеме прямоугольниками (заштрихованными и белыми) изображены участки местности, на которые ожидается падение 14 пуль в течение 2 секунд стрельбы при обстреле самолета, парящего на высоте 500 *м* и курсовом параметре 100 *м*

Если самолет проходит в стороне, то площадь рассеивания получается больше и плотность попадания уменьшается.

Наконец, если самолет атакует, т. е. идет в лоб, стрельба будет вестись почти в одном направлении, и плотность стрельбы сводится примерно к 1 пуле на 100 $м^2$.

Отсюда практический вывод: возможность поражения своих войск увеличивается с приближением направления движения самолета к линии огня (рис. 59 и 60).

Из рассмотрения нижеприводимой таблицы видно, что вероятность поражения наших лежащих войск при зенитной стрельбе на малой дистанции (до 1 000 *м*) примерно в 20 раз меньше, чем при стрельбе настильными траекториями, а на дистанциях 2 500 *м* примерно в 10 раз меньше, на дистанции около 3 000 *м* и больше вероятности поражений делаются почти одинаковыми. При стоя-



Р и с. 60. Обстреливание самолета над дорогой

щих в рост войсках эта разница будет во много раз больше. Таким образом, при зенитной стрельбе для уменьшения возможности поражения своих войск их выгоднее держать стоя.

Рассеивание навесных и настильных (траекторий) пуль по горизонту

Расстояние в *м* по горизонту	Углы возвышения в градусах		Сердцевинные полосы в *м*			
	Траектория		По дальности		В боковом направлении	
			Траектории			
	настильная	навесная	настильная	навесная	настильная	навесная
1 000	1	78	125	50	1	60
1 500	2	72	110	33	1,5	50
2 000	4	66	100	51	2,4	45
2 500	7	58	95	90	3,4	40
3 000	17	47	90	95	20	35
3 300	26—39	39—42	90	100	30	30—40

Опасность для своих войск от пулеметного и ружейного огня по самолетам при охране маршей. Общее правило: где бы ни были расположены зенитно-стрелковые части, огонь их по самолетам, находящимся над колонной, если он направлен не вдоль колонны, является безопасным для своих войск, так как,

как видно из рис. 60, все пули будут ложиться вне района движения войск.

Нельзя ограничиться действием только по самолетам, идущим над колонной. Необходимо иметь возможность сбить их до приближения к колонне, по возможности на предельной дистанции действительного огня — 1 500 *м* (по наклонной линии).

Если самолет подходит с фланга пулеметной позиции и стрельбу приходится вести не в направлении своих войск, само собой разумеется, ограничений в стрельбе никаких быть не может, а потому вопрос о мерах предосторожности касается только случаев, когда стрельба ведется в направлении колонны.

Если зенитный пулемет будет на небольшом расстоянии от пути движения колонны, то, как видно из табл. 15, при углах возвышения около 88° пули навесных траекторий могут падать на путь движения войск.

Без ущерба для действительности огня можно запретить стрельбу под углами возвышения от 70° до 90°, имея в виду, что с соседних позиций этот самолет будет обстреливаться при углах возвышения меньших и потому безопасных для своих войск.

Казалось бы, чем ближе зенитно-пулеметная позиция будет расположена от пути движения колонны, тем выгоднее, так как самолет может быть обстрелян на большом расстоянии от колонны. Однако отрицательная сторона близкого расположения заключается в том, что при преследовании сопроводительным огнем самолета, идущего параллельно движению колонны, очень скоро между направлениями стрельбы и движением войск образуется малый угол встречи, уже опасный для них (рис. 58).

От расположения пулеметных позиций по одну или обе стороны дороги действительность огня не зависит, а потому располагать их для успеха стрельбы следует там, откуда удобнее стрелять: рельеф, местные предметы, освещение, откуда ожидается противник, а также в зависимости от тактических и прочих соображений.

Для большей плотности огня выгоднее пулеметы располагать группами не менее трех пулеметов, на интервалах, обеспечивающих непрерывную защиту колонн.

Ввиду того что пулеметные позиции располагаются близко от маршрута колонны, их можно считать находящимися в одних условиях в отношении обстрела с самолета.

Наблюдались случаи стрельбы под углом возвышения 80 — 85°, когда пули ложились за позицией при слабом оболическом направлении ветра; это обстоятельство также должно служить поводом для того, чтобы не ставить пулеметы в такое положение, чтобы приходилось им стрелять под углами возвышения больше 75°.

Необходимо отметить, что случайно залетевшая своя пуля, как показал опыт войн, производит значительно большее моральное воздействие, чем несколько неприятельских, а потому всегда следует избегать такого расположения войск, при котором мог бы иметь место случай поражения их зенитной стрельбой.

Вместе с тем необходимо воспитывать войска так, чтобы они не боялись, если в тылу их находятся зенитные части, разъясняя им изложенные в настоящей статье условия совместного действия с ПВО стрелковым оружием.

Стрельба из пулеметов, не приспособленных для зенитной стрельбы

Из станковых пулеметов. Если каждый зенитный пулемет может быть использован и для стрельбы по наземным целям, то тем более пулеметы наземные должны быть использованы для отражения нападения с воздуха.

Атаки самолетов в будущих боях не ограничатся только объектами тыла. В Испании и на китайском фронте самолеты использовались для атак с бреющих полетов передовых частей; так, например, в „Красной Звезде" от 1/IV 1938 г. читаем:

„Японские легкие бомбардировщики типа „93" (одномоторные), как правило, действуют только над полем боя, не участвуя в глубоких налетах. Они атакуют самые разнообразные цели, вплоть до отдельных орудий и пулеметов, принимая метод бомбометания с пикирования с последующим обстрелом цели пулеметным огнем. Таким же способом они атаковывали эшелоны на железнодорожных станциях и в пути, вблизи от линии фронта".

Практика показала, что для более надежного поражения самолетов наземные пулеметы должны иметь специальные зенитные прицелы и установки, дающие возможность кругового обстрела под большими углами возвышения.

Отсюда вопрос: как бороться с воздушным врагом, имея пулеметы с обыкновенными наземными прицелами и на станках Соколова, приспособленных для стрельбы лежа.

Империалистическая война началась, когда зенитная техника еще не существовала, и тем не менее было сбито немало самолетов пулеметным огнем.

К сожалению, этот весьма актуальный вопрос остался для техники сегодняшнего дня открытым, а потому нам приходится обратиться к тем способам, которые были созданы непосредственно боевой обстановкой империалистической и гражданской войн.

Что касается стрельбы по самолетам без специальных зенитных прицелов, то этот вопрос является общим как для пулеметов, так и для винтовок, а потому здесь затрагивать его не будем, а изложим в специальном разделе „Стрельба по самолетам из винтовок".

Станок Соколова устанавливается на горизонтальной плоскости и сдвигается назад по столу доотказа, что дает предельный угол возвышения около 30° и при подаче его вперед около 10° снижения, а потому, если установить пулемет на естественном или отрытом скате (рис. 61) крутизной около 40°, уже явится возможность стрелять под углом в 70°.

Чтобы пулемет не скатился, хобот станка, если представляется возможность, следует упереть в дно канавы или ямы; если этой возможности нет, надо сделать специальный упор, а катки укрепить вбитыми по бокам их кольями и подложить под них куски дерева или камни. Тело пулемета освободить от механизма тонкой наводки.

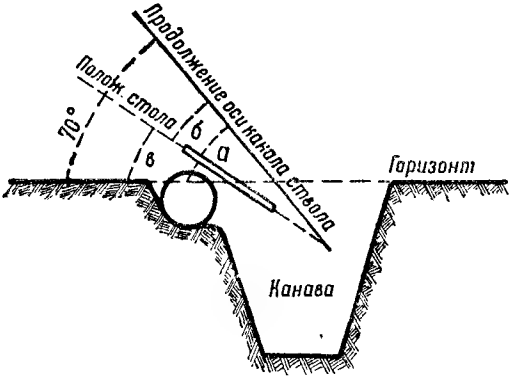


Рис. 61. Приспособление пулемета Максима к местности для стрельбы по самолетам

Такое положение пулемета для прицеливания требует наличия ямы, дающей возможность смотреть на прицел снизу, как показано на рис. 62.

Еще в довоенное время при стрельбе лежа проводились опыты с использованием так называемых гипоскопов — приборов, представляющих собой небольшую стеклянную призму (рис. 63). Но эти опыты до конца доведены не были. Гипоскопы использовались для пуле-

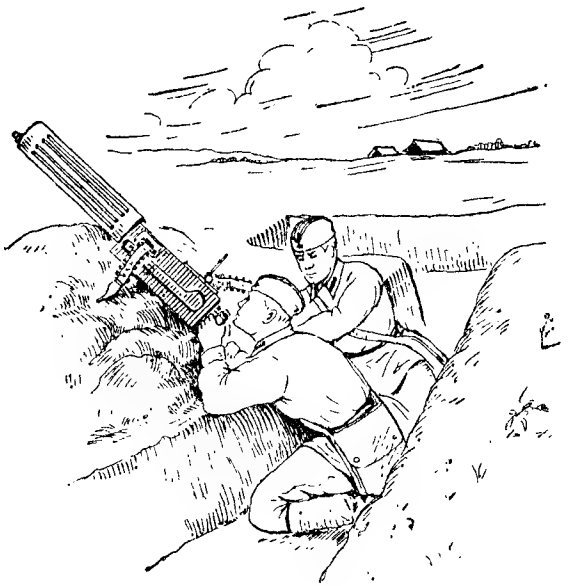


Рис. 62. Стрельба по самолету из пулемета Максима с колена из канавы

метов на треногах, не имеющих щитов и предназначенных для стрельбы с колена из окопов. Следовало бы опыты продолжить и при положительных результатах гипоскопы применять.

Очевидцы войны рассказывают, что для стрельбы по самолетам использовались сваленные набок повозки или двуколки (последние удобнее) и на колесо устанавливался пулемет Максима, но предварительно хобот подворачивался под станок. Под хобот подкладывался валек или чурбан, пулемет приобретал угол возвышения до 80° и круговой обстрел (рис. 64).

Время на установку для всех перечисленных способов исчисляется минутами.

Случаев, когда представляется возможность прибегнуть к указанным способам, находится немало, например при передвижении по железным дорогам войска особенно будут чувствительны к атакам с воздуха. Опрокинутые повозки, двуколки с уста-

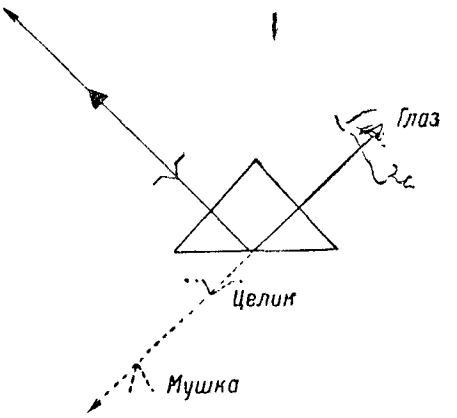


Рис. 63. Схема устройства гипоскопа

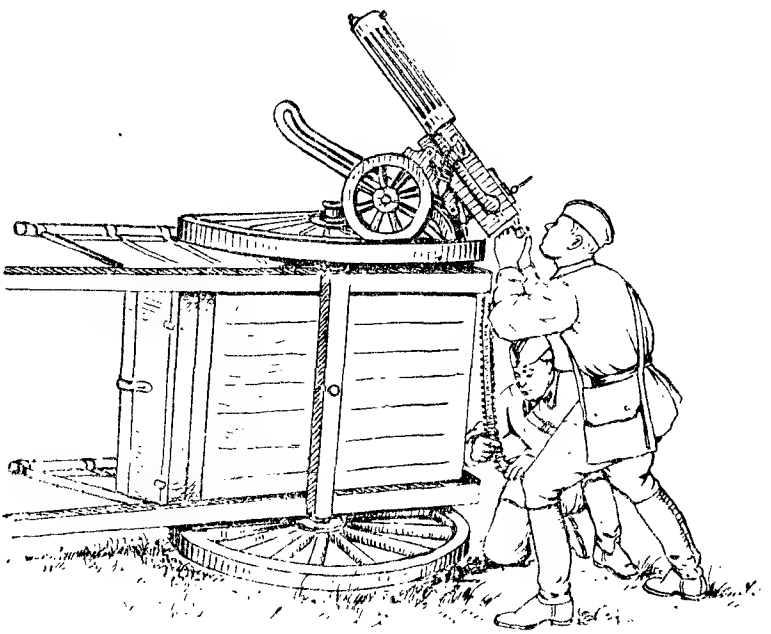


Рис. 64. Стрельба по самолету из пулемета Максима с опрокинутой двуколки

новкой пулеметов в этом случае окажут пользу. Правда, они займут много места, но с этим все же стоит примириться. Чем больше будет участвовать пулеметов в обороне, тем огонь

будет действительнее; железнодорожные платформы нужно насыщать пулеметами, насколько это возможно.

Охрана резервов, штабов, дефиле. Здесь возможно использование старых негодных повозок, выбывших из работы колес,

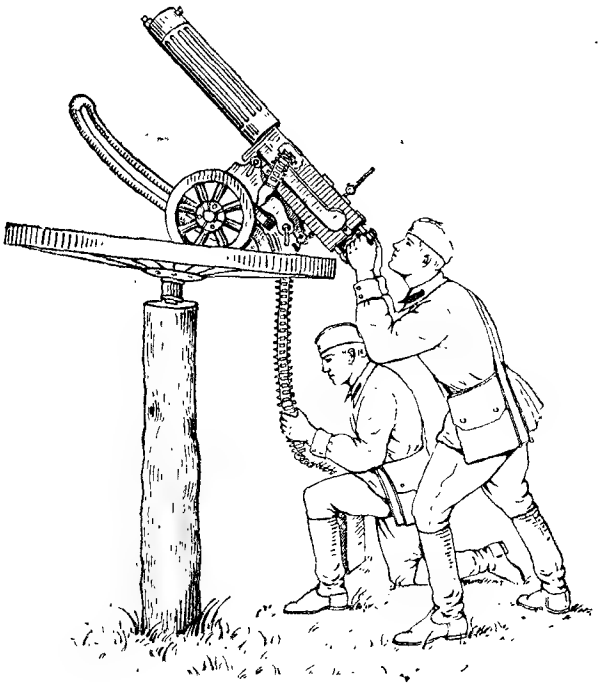


Рис. 65. Стрельба с колеса, укрепленного на коле

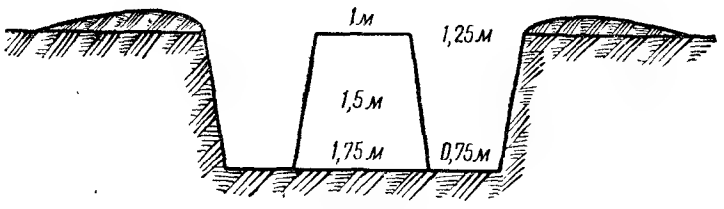


Рис. 65а. Круговая канавка для стрельбы из пулемета по самолету

особенно колхозного типа, которые более всего пригодны, так как имеют большое отверстие в ступице.

Если имеется возможность, т. е. время и материал, удобно колеса водружать на прочно укрепляемый в земле кол или столб от забора (рис. 65).

Такие установки хорошо располагать в окопах. Если материала нет, то можно ограничиться устройством круговой канавки (рис. 65а).

Нельзя не остановиться на так называемой „зажимной обойме“, которая когда-то являлась принадлежностью „дополнительной установки“ к станку Соколова. Последняя давно уже признана

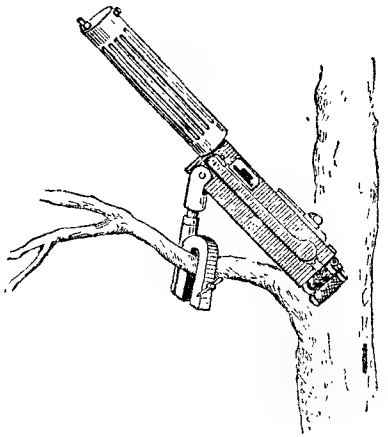


Рис. 66. Закрепление затяжной обоймы для пулемета Максима при стрельбе по самолету на суке дерева

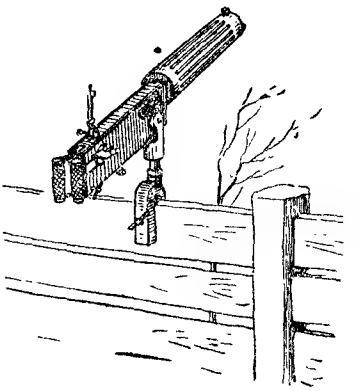


Рис. 67. То же, на заборе

не удовлетворяющей своему назначению по своим боевым свойствам и как портящая самый станок Соколова. „Зажимная же обойма“ представляет собой очень ценный прибор везде, где нет специального зенитного вооружения. Вес ее около 6,75 *кг*, устройство ее настолько просто, что она может быть изготовлена средствами самой примитивной мастерской.

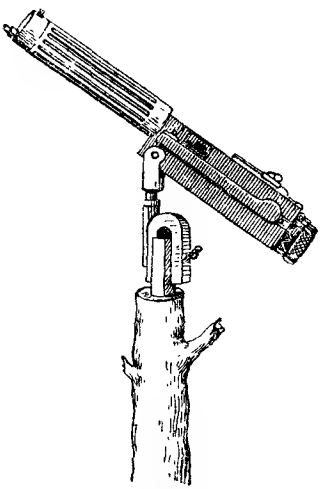


Рис. 68. То же, на обрубленном дереве или коле

Зажимная обойма (рис. 66, 67 и 68) служит основанием вертлюгу и имеет стакан для помещения штыря вертлюга. Стакан сверху имеет зажимное кольцо со стяжным винтом. Обойма делается из пластины котельного железа, изогнутой в виде коробки (для прочности). В стенках ее имеется большой вырез для надевания обоймы этим вырезом, как седлом, на различные предметы: борт повозки, забор, срубленное дерево и т. п.

Для прочного удержания надетой обоймы на своем месте служит зажим, который состоит из прижимного винта с воротком и прижимного вкладыша, насаженного на конец винта. При вращении прижимного винта он ходит поперек выреза обоймы и передвигает также поперек обоймы прижимной вкладыш. Вкладыш

зажимает предмет, на который надета обойма, и прочно удерживает обойму на месте.

Вертлюг служит для горизонтального вращения соединенного с ним тела пулемета. Он имеет штырь, который является вертикальной осью вращения пулемета, щеки вертлюга имеют проушины для пулеметного соединительного болта. На правой станине имеется гнездо для соска соединительного болта зенитного прицела обр. 1929 г.

Зажимную обойму можно устанавливать на различные местные предметы, приспосабливая их, если нужно, для этой цели. При подгонке зажимной обоймы к дереву надо его спилить по высоте роста наводчика и конец затесать для надевания на него зажимной обоймы. При установке обоймы на столб забора нужно проверить, не качается ли он, и если окажется, что он стоит непрочно, укрепить камнями и подсыпкой земли. Зимой предметы, служащие для установки, можно укреплять подливанием под их основание воды: после замерзания предметы эти получат большую устойчивость.

Наконец, в крайнем случае для стрельбы по самолетам можно использовать любой упор: забор, сучок дерева, грядку повозки и даже козла из винтовок с наложением на них скатанной шинели.

Таких простейших способов установки наземных пулеметов для стрельбы по самолетам очень много, но все они весьма примитивны и мало удобны для стрельбы (кроме зажимной обоймы), а потому применяться должны только в крайнем случае — при отсутствии специальных зенитных устройств.

Несмотря на то, что имеются специальные зенитные части, вооруженные приспособленным для стрельбы по самолетам оружием, ни одна войсковая часть не может быть гарантирована от того, что ей не придется вступить в огневой бой с воздушным врагом. Поэтому и частям, вооруженным винтовками, надо к этому быть готовыми и уметь отразить воздушного врага теми средствами, какие у них имеются.

Можно в истории минувших войн и на театрах военных действий в Испании и Китае подобрать ряд примеров таких столкновений, как неудачных для наземных войск, так и успешных.

Как мы видели, в начале империалистической войны достаточно было появиться на большой высоте самолету, как против него открывался ожесточенный, но безрезультатный огонь не только из винтовок, но и из пистолетов. Объясняется это незнанием балистики и пределов применения ручного оружия, а безрезультатность стрельбы — отсутствием специальных прицелов и ее беспорядочностью. Организованный же ружейный огонь может быть весьма опасен для самолетов.

Из опыта войны в Испании („Красная Звезда" от 18/IV 1938 г., № 89) М. Микаев отмечает, что ружейный огонь по самолетам может быть эффективным только при стрельбе группы стрелков залпами, когда этим огнем руководит командир, устанавливающий прицел и вынос точки прицеливания. Однако не исключена воз-

можность успешной стрельбы и отдельными стрелками — снайперами воздушной стрельбы. На одном из фронтов истребитель-штурмовик армии Франко был сбит из винтовки снайпером республиканской части.

Тов. М. Микаев часто выражается: „Самолет был сбит ружейно-пулеметным огнем". Полагаем, что в подобных случаях немалую роль играла стрельба из ружей. Можно указать на сбитие четырех польских самолетов во время гражданской войны. В половине 1920 г. противник укрепился на западной стороне р. Стырь и вел усиленную воздушную разведку с целью выяснить расположение красных войск. Первый самолет был сбит около деревни Романово взводом нашей кавалерии, вооруженной польскими пулеметами. Второй был сбит через полчаса весьма оригинальным способом.

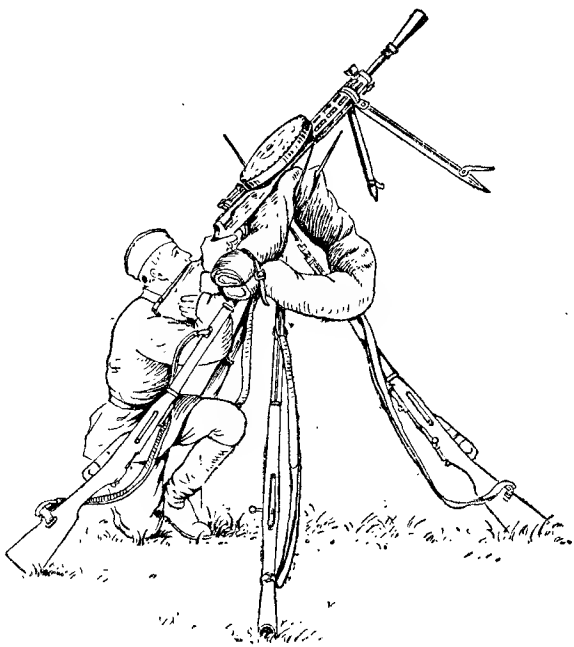


Рис. 69. Стрельба из ручных пулеметов с ружейных козел

Самолет этот появился из деревни Конче. Когда он стал кружиться над нашим расположением, было приказано одному эскадрону приготовиться для его обстрела, а другому в пешем строю — выйти на дорогу и ногами производить пыль, инсценируя движение колонны. Летчик, привлеченный пылью, с большой высоты спикировал до высоты деревьев, дабы выяснить причину ее появления. Подготовленный заранее эскадрон одним залпом из винтовок сбил самолет. Через 15 минут на том же месте появился третий самолет, который также снизился до высот деревьев и был сбит тремя залпами из винтовок. В этот же день был сбит еще один самолет нашими обозными частями. Итак, за один день было сбито 4 самолета.

Американцы указывают такой случай, что одним выстрелом было сбито 2 самолета, или другой, что самолет был сбит выстрелом из револьвера.

Отсюда видно, что стрельба из винтовок и неприспособленных пулеметов может быть при благоприятных обстоятельствах действительной.

Самая стрельба, т. е. использование прицелов, в силу их однотипности для пулеметов станковых и ручных, а также винтовок является идентичной.

Выше, в разделе о станковых пулеметах, уже было отмечено, что их можно с успехом использовать для стрельбы по самолетам и в неприспособленном виде, с применением самых примитивных и в большинстве случаев всегда доступных способов.

С ручными пулеметами дело обстоит много проще. Из последнего можно с успехом стрелять, положив его прямо на забор, на козлы из винтовок и на сук дерева (рис. 69 и 70).

Рис. 70. То же, с сучка дерева

Из винтовки стрельба ведется обычным способом. Однако большое неудобство в том, что положения с колена и стоя демаскируют стрелков в отношении наземного противника. Вообще, признавая за винтовками действительность огня по самолетам, полагаем, что стрельба из них составляет главное неудобство в стрелково-тактическом отношении.

Самолет обычно атакует в моменты наибольшей напряженности, которая бывает в непосредственной близости от противника. Оторвать войска, ввязавшиеся в бой, поднять их и заставить спокойно перенести огонь на производящего с воздуха атаку противника трудно и рискованно. Однако отразить противника или по своей инициативе обстрелять зарвавшегося неприятельского разведчика надо быть готовым, а потому должны всемерно вестись изыскания в этом направлении.

Прежде чем перейти к самой стрельбе, ознакомимся несколько со структурой огня по самолетам из ручных пулеметов и винтовок.

Из ручного пулемета. Мы уже отметили, что зенитное пулевое оружие должно обладать значительной скорострельностью. Ручной пулемет таковой обладает в слабой степени. Правда, частота его стрельбы лишь немногим уступает таковой станкового пулемета, зато способность к длительному действию, при малой емкости магазина и несовершенстве охлаждения ствола, у него

совершенно неудовлетворительна; сменять же магазины во время зенитной стрельбы — дело трудное.

Заградительный огонь. Мы уже имели случай доказать, что за время прохождения самолетом обстреливаемой зоны число пуль, пересекающих эту зону, при стрельбе из одного пулемета чрезвычайно мало: оно близко к единице. Ручной пулемет, при его применении для устройства завесы на пути цели, может дать тот же результат, как и станковый. Но дело в том, что он не в состоянии покрыть возможные ошибки в определении упреждений, что видно из следующего примера.

Самолет движется со скоростью 30 *м/сек*; магазин пулемета (47 патронов) будет израсходован в 5 сек. Следовательно, огонь может быть открыт не более чем за 2,5 сек. до подхода самолета к упрежденной точке, т. е. когда он будет от этой точки в расстоянии 75 *м*; такое расстояние недостаточно надежно компенсирует возможные ошибки в наводке; для увеличения же этого промежутка хотя бы вдвое потребуется смена магазина как раз в момент пролета самолета через сноп траекторий. Таким образом, стрельба из ручного пулемета заградительным огнем мало надежна.

Сопроводительный огонь. Мы уже говорили: мал запас патронов, чтобы использовать весь путь самолета в секторе обстрела. Чем меньше будет дистанция, т. е. чем ближе самолет будет пролетать перед пулеметом, тем больше его угловая скорость и тем быстрее придется наводчику перемещать пулемет. Вследствие этого будет большая неточность наводки, и при узком снопе (мнимом) пуль на малых дистанциях будет много шансов, что сноп пройдет мимо цели. Единственный выход обстреливать цель прямой наводкой — быстро брать упреждение и открывать огонь навскидку, по-охотничьи. Вот для таких случаев ручные пулеметы, вследствие легкости и поворотливости, более удобны, чем станковые, нужно только, чтобы они были снабжены простыми специальными прицелами и, конечно, были положены на упор.

Огонь очередями тоже стеснен малой емкостью магазина.

Каким бы способом ни стрелял ручной пулемет, самая схема расположения пуль по отношению к цели в каждый данный момент будет такая же, как при стрельбе из пулемета Максима.

Уже говорилось, что стрельба по самолетам будет успешнее при условии сосредоточения огня нескольких пулеметов. Например, французское руководство для стрельбы по воздушным целям категорически запрещает открывать огонь по самолету менее чем четырьмя совместно действующими станковыми пулеметами. Между тем ручные пулеметы, по тактическим соображениям, не сводятся в группы, а разбрасываются по войсковым подразделениям, т. е. работают на широком фронте. Сомнительно поэтому, чтобы им удалось часто иметь успех в боевых схватках с воздушным противником.

Стрельба по самолетам из винтовки

После всего сказанного о ручном пулемете очевидно, что об отдельной винтовке в отношении мощности ее огня говорить не приходится; при невозможности точно рассчитать упреждение цели, да еще при пользовании обыкновенным прицелом, нельзя себе представить, чтобы можно было сделаться „противосамолетным снайпером". Поэтому не останавливаемся на индивидуальной стрельбе и будем далее подразумевать более или менее мощную группу ружейных стрелков.

Не следует думать, что величина ружейной группы всегда будет ничтожна. В случае нападения воздушного врага на походную колонну, на обоз, на бивак, на железнодорожную станцию и т. п. ничто не может помешать нам организовать для отражения в дополнение или взамен пулеметов ружейные зенитные батареи какой угодно мощности.

В руках командира группы ружейных стрелков, какова бы она ни была, имеется два способа ведения огня по самолету: залпами и одиночным, вольным огнем.

Огонь залпами. Согласно уставным правилам, при стрельбе залпами командир стреляющей группы назначает командою прицел и точку прицеливания, выжидает несколько секунд, чтобы дать время стрелкам прицелиться, и затем командует: „Пли!"

Таких залпов за время полета цели в зоне обстрела можно дать немного: на значительных расстояниях — до 10 — 12 залпов, на средних расстояниях — 4—5, а на ближних, ближе 700 *м*, трудно дать даже один залп, ибо командовать и точно выполнять команды в такой обстановке почти невозможно и приходится предоставить стрелкам вести одиночный огонь по их усмотрению. Но и в этом случае управление началом и прекращением огня все же должно остаться в руках командира, иначе нельзя было бы предотвратить беспорядочный огонь и возможность поражения своих войск.

Структура рассеивания выстрелов при стрельбе залпами, если не считаться с длиной фронта стрелков, рисуется нам в следующем виде (рис. 71).

Сноп траекторий одного винтовочного залпа будет представлять собой как бы трубу с весьма большим раструбом, получившимся вследствие неудобства стрельбы вверх, спешности наводки, подвижности точки прицеливания, дерганья спуска в момент выстрела и т. п. Самые пули каждого залпа будут лететь стайкой, имеющей форму эллипсоида, которая по мере удаления от дула оружия будет постепенно деформироваться: сначала, если залп был произведен дружно, он будет сплюснут в направлении полета, а в плоскости, к ней перпендикулярной, будет представлять почти круг. Затем, под влиянием различных причин, действующих на пули и во время их полета, ось эллипсоида по направлению средней траектории будет постепенно растягиваться, а поперечное сечение возрастать более

по высоте, чем по ширине; следовательно, и плотность группировки пуль будет уменьшаться.

Пересечем эллипсоид плоскостью стрельбы и плоскостью, к ней перпендикулярной, и проведем продольный и поперечный диаметры образовавшихся кругов (эллипсов). Тогда точка пересечения этих диаметров будет центром или средней точкой всей сферы рассеивания. Очевидно, что в плоскостях как продольного, так и поперечного сечений пули распределяются по отношению к центру эллипсоида по общему закону рассеивания, т. е. в ближайшей к центру полосе в одно вероятное отклонение вмещается 25% всех попаданий и в последующих 16, 7 и 2% одинаково в обе стороны от центра (рис. 72).

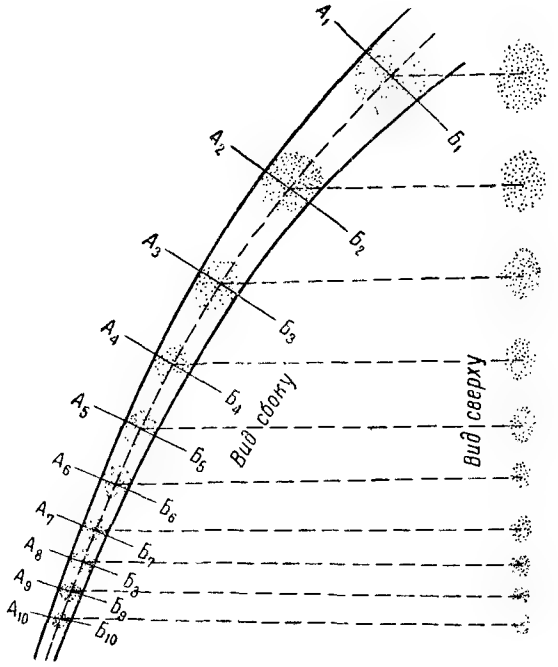


Рис. 71. Ряд моментов сфер пуль при залповом огне из винтовок

Попытаемся на основании этого определить, какой процент пуль будет вмещаться в центральный куб, сторона которого равна двум вероятным отклонениям (рис. 73).

Вероятность попадания в призму неопределенной длины в два вероятных отклонения по высоте и в сторону, при совмещении ее оси с продольной осью эллипсоида рассеивания будет равна:

$$\frac{50 \cdot 50}{100 \cdot 100} = \frac{25}{100} = 25\%.$$

В куб, вырезанный из этой призмы, также в два вероятных продольных отклонения, при условии совмещения его центра с центром эллипсоида рассеивания вероятность попадания будет равна:

$$\frac{25 \cdot 50}{100 \cdot 100} = 12{,}5\%.$$

Этот куб мы можем представить себе в виде равновеликого ему шара, который, таким образом, займет центр эллипсоида (шара) всего рассеивания и будет служить ядром наиболее плотного поражения.

Подобные расчеты показывают, что при радиусе сферы полного рассеивания в 2 *м*, при условии захвата цели в эту сферу и совмещении центров цели и сферы, мы имеем право рассчитывать на 100% поражение уязвимой части самолета. Неудача может получиться только при больших размерах рассеивания или при несовмещении сферы рассеивания пуль с целью. И то и другое, конечно, может иметь место ввиду трудности однообразного прицеливания в движущийся самолет и грубости учета упреждения цели при помощи наземного прицела. В последнем случае вероятность поражения будет уменьшаться и при очень большом отклонении может быть равной нулю.

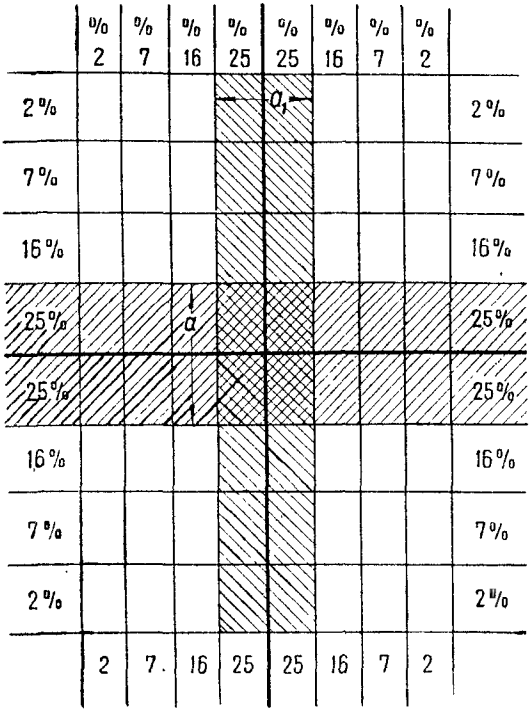


Рис. 72. Закон рассеивания пуль

Одиночный огонь. При одиночной стрельбе из винтовок по воздушной цели огонь наверное будет весьма частым, интенсивным, со скоростью примерно до 7—8 выстрелов в минуту из каждой винтовки; до предельной скорости он, вероятно, не дойдет ввиду неудобства стрельбы вверх. Назначение прицела и точки прицеливания, а также приказание о начале и прекращении стрельбы будут исходить от командира.

Мнимый сноп траекторий должен получиться подобным снопу при стрельбе из пулеметов сопроводительным огнем, с той разницей, что пули в этом снопе будут располагаться не равномерно, а отдельными кучками большей или меньшей плотности, в зависимости от количества одновременных выстрелов. Отдельные траектории в этом снопе могут друг друга пересечь вследствие большего разнообразия во взятии отдельными стрелками необходимого упреждения.

Надо думать, что пули будут пересекать плоскость, в которой находится самолет, группами. Самая плотная группа, почти

как при залпе, будет первая (если ружья перед началом огня были заряжены и стрелки наготове); затем последует 1—2 запоздалых рассеянных выстрела, затем опять группа, уже менее плотная, с большим числом запоздавших выстрелов, далее новая группа, еще более редкая, и т. д. Словом, расположение пуль относительно друг друга будет несколько напоминать вначале стрельбу из пулемета очередями и переходить в сопроводительный огонь.

Рассеивание пуль по отношению к цели будет, вероятно, меньше, чем при залпах, и при стрельбе хорошо обученными стрелками, вероятно, больше, чем при стрельбе из пулеметов. Сказать об этом что-либо определенное невозможно за отсутствием опытных данных стрельбы.

Мы указывали выше на ряд удачных стрельб по самолетам из винтовок.

С другой стороны, участники минувшей войны, наверное, помнят, как целые сотни и тысячи ружейных выстрелов не могли не только подбить самолет, но даже заставить летчика переменить свой курс.

Столь резкая противоположность указанных фактов не позволяет разрешить поставленный выше вопрос по опыту минувшей войны. Ответить на него могут лишь обстоятельные полигонные опыты, но и то лишь отчасти, так как условия полигонной стрельбы представляют весьма слабое подобие боевой стрельбы.

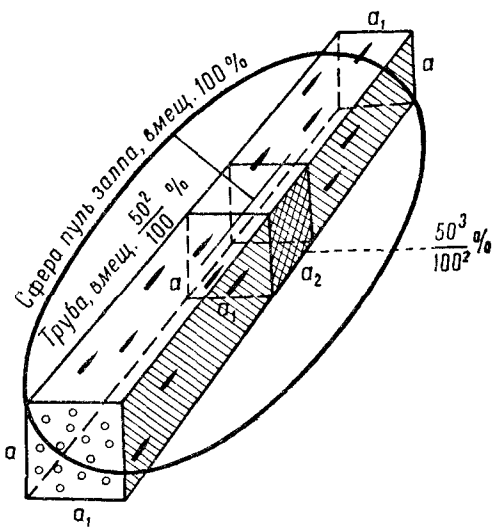


Рис. 73. Вероятность попадания в куб со стороной в два вероятных отклонения при условии совпадения его центра с центром эллипсоида рассеивания

В США давно занимаются выработкой средств и приемов борьбы пехоты с воздушным врагом. В частности, и ружейная стрельба по самолетам является предметом опытных испытаний. Произведенные еще в 1926 г. опыты зенитной стрельбы дают довольно обширный материал по интересующему нас вопросу. На них-то мы и остановим наше внимание.

Указанные опыты производились опытным полигоном американской пехотной школы по распоряжению инспекции пехоты. Основная задача заключалась в определении наибольших высот, при которых возможны случаи поражения самолета каждым из следующих типов стрелкового оружия: магазинной винтовкой, автоматической винтовкой, пулеметом калибра 7,62 *мм*, пулеметом калибра 12,7 *мм*.

Опыты с магазинными и автоматическими винтовками заключались в стрельбе из них по мишени, буксируемой самолетом на высотах от 75 до 1 250 футов (22,5 до 375 *м*) со скоростью 75—115 миль в час (137—250 *км*) в зависимости от силы ветра и направления полета.

Мишенью служил матерчатый рукав конической формы 12 футов (3,6 *м*) длины со средним диаметром в 2,5 фута (0,75 *м*). Указанные размеры были взяты с тем расчетом, чтобы объем рукава примерно соответствовал объему наиболее уязвимой части цели.

Всего было произведено 82 полета, при чем за каждый полет рукав проводился через район обстрела три раза, и затем производился подсчет попаданий. Около половины всех полетов были совершены вдоль директрисы стрельбы, остальные — к ней перпендикулярно. Горизонтальная дальность до рукава при полетах вдоль директрисы стрельбы колебалась от 100 до 350 ярдов (от 91,4 до 320 *м*).

Стрельба велась одним из взводов пехотного полка, имевшего в своем составе: 7 отличных стрелков, 12 хороших, 19 удовлетворительных и 14 неквалифицированных.

Произведенные опыты показали, что от взвода стрелков средней квалификации, имевших практику в стрельбе по движущимся целям, можно получить по крайней мере одно попадание в мишенный рукав, соответствующий по размерам жизненной части самолета, при следующих условиях стрельбы: а) если рукав проходит на горизонтальном расстоянии 200 ярдов (183 *м*); б) если высота его над землей не превышает 750 футов (225 *м*); в) если рукав находится на этой дистанции по крайней мере в течение 10 сек.; г) если скорость передвижения рукава не превышает 115 миль в час (250 *км*).

Сорок четыре полета, за каждый из которых цель трижды подвергалась обстрелу, были произведены при высоте полета не свыше 750 футов. Попадания получались при каждом из этих полетов, начиная с первого же дня стрельбы. В среднем, число попаданий за каждый полет на указанной высоте выразилось величиной 7,48 и, следовательно, за каждое прохождение через район обстрела —2,49.

Следует обратить внимание, что с увеличением подъема цели число попаданий равномерно уменьшается.

Влияние скорости полета самолета. Наибольшее количество полетов было произведено со скоростью от 75 до 85 миль в час (от 137 до 155 *км*). При этих полетах было получено наибольшее число попаданий, наибольший процент попаданий и наибольшее число попаданий в 1 мин. стрельбы. Увеличение скорости до 115 миль (250 *км*) в час (т. е. до максимальной скорости самолета) не показало сколько-нибудь постоянного уменьшения ни в числе, ни в проценте попаданий. Эти результаты, по мнению американцев, не могли считаться исчерпывающими, так как на действительность стрельбы должно было повлиять также разнообразие в высоте полета рукава и в углах встречи. Для окон-

чательного вывода в отношении влияния скорости полета самолета на процент попадания было принято решение о необходимости проведения более обстоятельных опытов.

Когда рукав буксировался со скоростью 75 миль в час (137 *км*), он находился в пределах действительного огня в течение 15,6 сек. При скорости рукава в 100 миль в час (217 *км*) это время уменьшалось до 12,2 сек. При скорости в 200 миль в час (434 *км*) рукав находился бы под действительным огнем: примерно 3 сек. на приближение мишени и 3 сек. на ее удаление. В течение этого периода взвод средней боевой подготовки мог бы выпустить от 80 до 140 прицельных выстрелов, и, если число попаданий составило бы только 1%, стрельба могла бы считаться все же действительной.

Однако следует иметь в виду, что с увеличением скорости самолета действительность его огня по наземным целям также понижается и притом в той же пропорции, как и у наземных войск при стрельбе по самолету, потому что в обоих случаях цель проходит район обстрела в тот же короткий промежуток времени.

Влияние дистанции. Наибольший процент попаданий и больше всего попаданий за минуту стрельбы было получено, когда наклонная дистанция до рукава равнялась примерно 100 ярдам (91,4 *м*). С другой стороны, опыты стрельбы показали, что попадания могут получаться регулярно лишь в том случае, если наклонная дистанция до рукава не превышает 350 ярдов (320 *м*). Эта дистанция должна считаться наибольшей, при которой можно ожидать успешных результатов от бойцов средней квалификации при следующих условиях: а) когда рукав движется со скоростью от 75 до 115 миль в час (137—258 *км*), б) когда стрелок ведет стрельбу с положения „стоя" (или „с колена", с локтями навесу) и в) когда скорость огня колеблется в пределах 2—3 выстрелов в 10 сек.

Угол встречи. Казалось бы, что рукав, буксируемый самолетом вдоль директрисы стрельбы, представляет наилучшие условия прицеливания. Однако на опыте оказалось обратное: наибольшее число попаданий было получено, когда рукав двигался перпендикулярно к директрисе стрельбы, причем сноп траекторий, очерченный трассирующими пулями, был гораздо уже и был сосредоточен на рукаве более точно, чем при стрельбе по рукаву, летящему вдоль директрисы.

Обычной ошибкой при определении расположения снопа траекторий трассирующих пуль относительно рукава на малых высотах является то обстоятельство, что сноп кажется проходящим более сзади, чем на самом деле. Ошибка эта вызывается оптическим обманом. Большая часть видимого снопа траекторий находится за рукавом. Большинство стрелков затрудняется фиксировать свой глаз на трассерной черте в точке пересечения черты с плоскостью рукава; вместо этого они отмечают точку, находящуюся на расстоянии нескольких сотен ярдов позади рукава, и ею руководствуются для исправления наводки. Так

как за время, пока трассирующие пули пролетят от рукава до указанной направляющей точки, рукав успевает передвинуться вперед, то трассирующие пули, прошедшие через рукав, а следовательно, и весь сноп траекторий кажутся прошедшими позади него.

Если высота подъема рукава превышает 1 000 футов (300 *м*), то наблюдение трассы дает обратное впечатление. Непривычному наблюдателю кажется, что сноп траекторий проходит впереди рукава даже в тех случаях, когда трассирующие пули попадают в рукав или проходят позади него. При этом величина упреждения, необходимая, чтобы пуля встретилась с рукавом, показывает, что линия трассирующих пуль проходит значительно впереди рукава и продолжает так проходить до тех пор, пока не достигнет последнего. Поэтому при приближении рукава к трассерной линии создается такое впечатление, как будто эта линия изгибается в сторону, обратную его движению.

По мнению американцев, правильное суждение относительно расположения снопа траекторий может быть достигнуто путем сосредоточения внимания на самой цели, а не на начальной или средней части пути трассирующих пуль.

Применение трассирующих пуль позволяет судить как о величине и плотности снопа траекторий, так и о приблизительном расположении его центра относительно обстреливаемой цели. По этим данным командир части может оценивать успешность тренировки его команды и по присутствию неверных выстрелов заключить, что некоторые стрелки или не поняли его объяснений в отношении выбора точки прицеливания или стреляют без должного прицеливания и плавного нажимания на спусковой крючок.

Принцип упреждения движущейся цели известен каждому охотнику и применяется им при стрельбе по бегущему зверю или летящей птице. Однако наверное немногие из этих охотников руководствуются теорией стрельбы по подвижным целям, так как стрельба дробью не требует той точности наводки, какая необходима для стрельбы пулей.

Много различных способов было испытано американцами, чтобы добиться надлежащего упреждения и при этом дать возможность стрелку навести его прицел на движущуюся цель. Однако вполне удовлетворительных методов найдено не было.

Между прочим, один из методов прицеливания, применявшийся при стрельбе по рукаву, летящему перпендикулярно к линии огня и по направлению к ней, заключался в том, что хомутик прицела устанавливался на скомандованном делении прицела верхним краем подвижной планки и прицеливание производилось через прорезь, имевшуюся на верхнем краю этой планки. Хотя результаты, достигнутые этим способом прицеливания, оказались сравнительно благоприятными, однако и этот способ был признан непрактичным для боевой обстановки, исходя из того сообра-

жения, что, во-первых, стрелки вряд ли будут успевать производить установку своих прицелов при приближении неприятельского самолета, а во-вторых, при такой установке прицела будет исключена возможность изменить высоту прицела сообразно с изменением подъема цели при ее приближении.

Наиболее действительным способом прицеливания был признан следующий: стрелок при употреблении обыкновенного боевого прицела сначала прицеливается в цель, а затем сдвигает свое ружье дульной частью по направлению движения цели настолько, чтобы линия прицеливания проходила перед целью на заданной величине упреждения, и, придерживаясь этого упреждения (расстояние между мушкой и целью), плавно нажимает на спуск, пока ружье не выстрелит.

Ниже в таблице приводится выписка из данных опытных стрельб США. К сожалению, в таблице не расшифрованы задания.

Результаты опыта стрельбы из винтовки (США)

№ заданий	Дальность до цели (в ярдах)[1]	Количество выстрелов	Количество попаданий	% попаданий	Предположенная точка прицеливания в отношении величины цели	Добытые опытом величины упреждений
1	280	240	43	18	Прямо по цели	½ длины цели
2	400	317	18	5,6	2 длины цели	3 „ „
3	450	377	11	2,9	3 „ „	5 „ „
4	620	430	9	2,0	4 „ „	6 „ „
5	660	425	14	3,2	6 „ „	7 „ „
6	1 250	391	4	1	7 „ „	9 „ „
7	2 000	380	0	0	9 „ „	10 „ „
1-А	250	227	75	33	½ „ „	
2-А	310	362	54	14	3 „ „	
3-А	370	460	38	8,2	5 „ „	
4-А	430	428	22	5,1	6 „ „	
5-А	620	428	14	3,2	7 „ „	
6-А	1 300	192	0	0	9 „ „	
7-А	Не стреляли					

[1] 1 ярд = 0,914 *м*

Заключение. Опыты зенитной стрельбы из магазинных и автоматических ружей показали, что:

а) самолет всегда может быть сбит взводом стрелков со средней стрелковой подготовкой;

б) для повышения успешности в стрельбе по самолетам необходимо снабдить указанное оружие простым зенитным прицелом, который дал бы возможность пользоваться в качестве точки прицеливания самой целью, а не искать точку на небе, на некотором неопределенном расстоянии впереди мишени;

в) действительность противовоздушной стрельбы, производимой войсковой единицей, вооруженной магазинными и автоматическими винтовками, одинаково зависит как от подготовки ее состава в стрельбе по буксируемой мишени, так и от производства большого числа прицельных выстрелов.

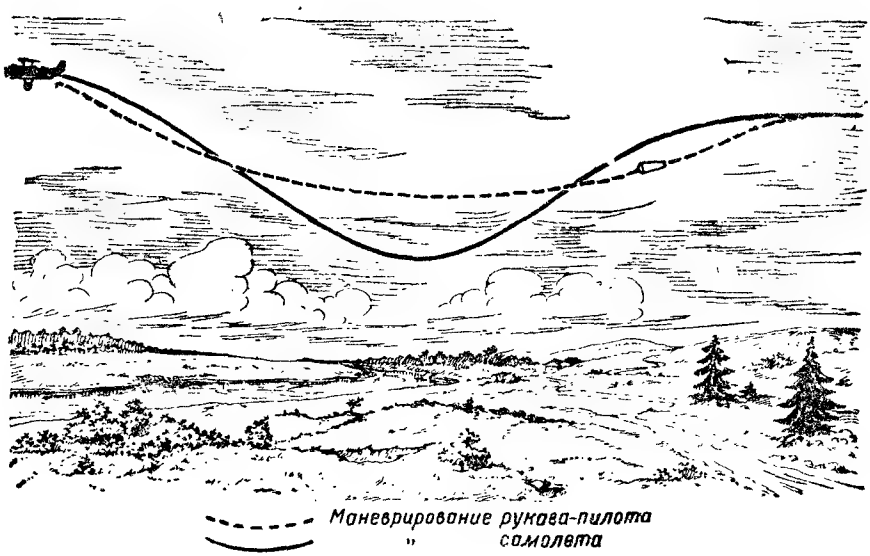


Рис. 74. Маневрирование рукава-пилота

Таким образом винтовка не только сохраняет на поле боя свое первостепенное значение, но и получает новую роль в смысле использования этого оружия в качестве средства защиты пехотных войск от воздушного врага.

На основании проведенных опытов можно с уверенностью сказать, что при полигонных стрельбах из винтовок по рукаву-пилоту поражения будут. Но будут ли они в боевой обстановке? Законность этого вопроса видна из отличия полигонной обстановки от боевой:

1. Наземные войска в лице стрелявшего взвода не были подвержены ни действительному, ни хотя бы даже угрожающему огню самолета.

2. Скорость движения рукава-пилота значительно меньше таковой боевого самолета, так как рукав-пилот оказывает большое сопротивление.

3. Маневрирование рукава пилота значительно сглаживает (рис. 74) резкие эволюции самолета: а) изменение курсовых углов; б) фактор неожиданности появления; в) заход со стороны солнца и т. д.

Все это в значительной степени должно понизить результаты стрельбы.

Мы предостерегаем, что не следует обольщать себя успехами полигонных опытов и на основании их давать заключения, не внося поправок (коэфициента) на боевые условия.

Организация наших опытов, повидимому, мало отличается от приведенных американских.

Надо думать, что вероятность поражения самолета, попавшего под обстрел наземных войск, будет не меньше, чем вероятность поражения наземных войск огнем с самолета. Если пилот заметит обстрел самолета и решится продолжать свой полет под пулями, он не сможет уделить столько внимания своей стрельбе, как это было бы возможно, если бы он не находился под обстрелом. Если огонь наземных войск заставит пилота подняться на большую высоту или уклониться от своего пути в сторону, то бо́льшая часть опасности для наземных войск будет устранена.

В результате проведенных опытов по зенитной стрельбе из магазинных и автоматических винтовок можно притти к выводу, что при современном вооружении самолет противника всегда может быть сбит взводом стрелков со средней стрелковой подготовкой. При этом действительность огня такого взвода одинаково зависит как от достаточной тренировки его состава в стрельбе по буксируемому рукаву, так и от производства возможно большего числа выстрелов (мощности огня). Для большего однообразия во взятии упреждения желательно винтовки снабдить специальными зенитными прицелами простейшей конструкции.

Вопросу этому и у нас оказывается большое внимание, но некоторые работники зенитного дела высказываются против специальных прицелов для винтовок.

Какая стрельба из винтовок является более действительной — залповая или одиночная — сказать очень трудно. История развития зенитной стрельбы указывает на колебания в наставлениях и инструкциях: то они рекомендуют одиночный огонь, то залпами.

В 1931 г. появилось оригинальное по идее предложение: указывать точку прицеливания в пространстве путем стрельбы трассирующими пулями, прицеливаясь прямо в цель, и потом на величину отклонения трассы от самолета выносить вперед самолета точку прицеливания. Для этого на флангах отделения предлагалось ставить двух снайперов, которые ведут стрельбу только трассирующими пулями, прицеливаясь в самолет.

Однако обман зрения, неоднообразное впечатление от трассы дали неудовлетворительные результаты. В настоящее время полезно было бы повторить эти опыты.

Взгляды на стрельбу по самолетам из разных пулеметов и винтовок у нас в Красной Армии

Наиболее мощным стрелковым средством для борьбы с самолетами является станковый пулемет.

Но не всегда в данном пункте может оказаться необходимое количество станковых пулеметов для обстреливания пролетающих самолетов. Кроме того, в настоящее время летчиками применяются новые приемы борьбы с наземным противником, а именно бомбежка и обстрел его с самых малых высот полета (так называемые „бреющие" полеты с высоты 50—10 *м* над горизонтом). В последнем случае станковый пулемет на зенитной установке оказывается слишком громоздким и недостаточно гибким для обстрела „бреющих" самолетов, и его приходится заменять ручными пулеметами и винтовками, подобно тому как пулемет заменяет зенитное орудие при обстреливании самолета на высотах ниже 1 500 *м*.

При стрельбе по самолетам необходимо всегда учитывать все особенности стрельбы под большими углами возвышения. Но, принимая во внимание, что ручные пулеметы и винтовки будут применяться для стрельбы с коротких дистанций, следовательно, столкновения с самолетами будут чрезвычайно кратковременны, нужно считать, что на учет всех особенностей стрельбы под большими углами возвышения у стрелка не будет времени, и учет этот на короткие дистанции не имеет практического значения.

При колоссальной видимой (угловой) скорости самолетов на малых дистанциях стрельба по ним возможна только навскидку; время полета пули на этих дистанциях очень мало, а потому при стрельбе в этих случаях никаких упреждений брать не надо. Для характеристики угловых скоростей ниже приводим таблицу зависимости их от наклонной дистанции и линейных скоростей.

Таблица угловых скоростей

Наклонные дистанции в *м*	Линейная скорость в *м/сек*		
	40	60	80
	Угловая скорость в тысячных дистанции		
1 500	26	40	53
1 000	40	60	80
500	80	120	160
200	200	300	400
100	400	600	800
25	600	2 400	4 000

Из сказанного выше, а также из приведенной таблицы угловых скоростей видно, что правила стрельбы из ручных пулеметов и винтовок на средних и малых дистанциях стрельбы должны несколько разниться между собой в технике стрельбы. Будет также некоторая особенность и в управлении огнем со стороны командиров данных подразделений, а именно: в первом случае (при стрельбе на средних дистанциях) командир должен все время держать управление огнем в своих руках, руководствуясь правилами стрельбы; во втором случае (при бреющих полетах) его обязанностью является определение начала открытия огня (кроме стрельбы воздушных снайперов, которые открывают огонь всегда самостоятельно), его прекращение и поддержание общей дисциплины огня.

Чаще всего придется вести огонь из винтовок, а не из ручных пулеметов; во-первых, потому, что последние будут почти всегда заняты выполнением задач по обстрелу наземных целей и отвлекать их от выполнения этих задач будет невозможно; во-вторых, ручной пулемет недостаточно легок по своему весу, чтобы можно было вести из него огонь навскидку, без использования для этого особого упора (местные предметы не всегда могут быть под рукой).

Если опасности со стороны воздушных сил нет, то стрелковые отделения, предназначенные для противовоздушной обороны, могут принимать участие и в огневой борьбе с наземным противником. В этом случае командиры отделений должны следить за тем, чтобы стрелки всегда находились в положении, удобном для перехода к зенитной стрельбе, а также организовать наблюдение за появлением самолетов, выделив для этого одного из стрелков. Наблюдателей и воздушных снайперов надлежит снабжать желтыми очками, без которых при наблюдении в солнечную погоду легко попортить зрение.

Стрельбу по самолетам из винтовок следует производить группой стрелков в составе не меньше отделения или зенитными парными снайперами, по две-три пары на стрелковый взвод. Один из них — стрелок-истребитель, другой — наблюдатель. При выполнении задач они самостоятельно меняются своими ролями.

Огонь по самолетам, как правило, надлежит открывать только по команде или условному знаку командира отделения или взвода. Обстрел самолетов производится залповым или одиночным огнем с обыкновенным наземным прицелом.

При стрельбе залпами по самолету, идущему в стороне для открытия огня, командир указывает какой-нибудь местный предмет (сигнал) в направлении движения цели (рис. 75), определяет по линейке Филатова (или другим способом) величину упреждения и, визируя по ребру линейки через деление, соответствующее определенному упреждению над выбранным местным предметом на высоте цели, следит за приближением самолета к углу линейки. При подходе самолета к углу линейки командир подает предварительную команду, по которой стрелки

прицеливаются на высоте цели в воображаемую точку над выбранным местным предметом и, когда самолет коснется края линейки, подается исполнительная команда или свисток для открытия огня.

Если время позволяет, то подобным образом огонь открывается несколько раз по приближении цели к заранее намеченным местным предметам или выставленным сигналам.

Кроме указанного способа упреждения на скорость движения самолета, применяется способ выноса точки прицеливания на длину нескольких фюзеляжей самолета, который более широко прививается, чем предыдущий.

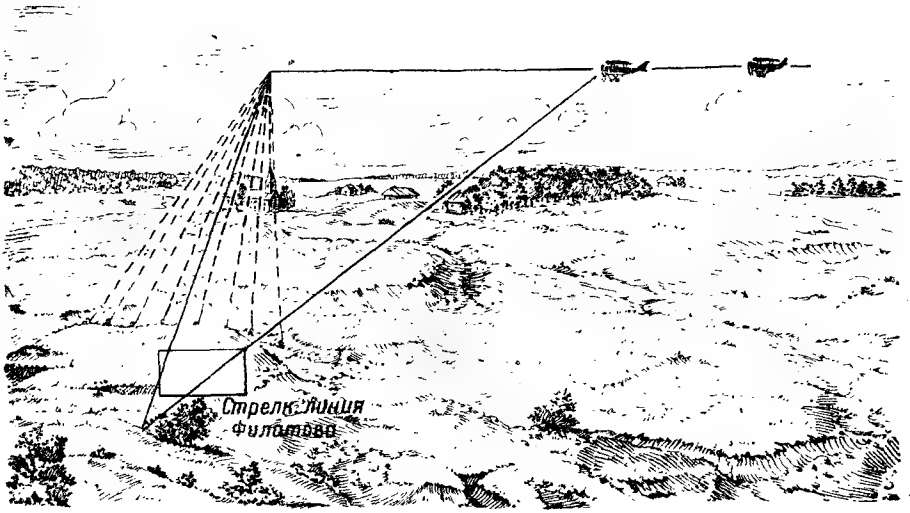


Рис. 75. Вынос точки прицеливания на упреждение по стрелковой линейке

Количество корпусов для упреждения определяется формулой

$$x = \frac{vt}{K},$$

где x — искомое количество корпусов,

v — скорость самолета,

t — время полета пули до цели,

K — видимая длина фюзеляжа самолета.

Стрельба одиночным огнем по самолету, идущему в стороне, производится: а) при бреющих полетах; б) при неожиданном появлении самолета.

Для установки более точного прицела можно составить соответствующую таблицу, в зависимости от дистанции и высоты полета самолета. Но, как опыт показал, по самолетам, находящимся на дистанции от 250 до 600 *м*, при хорошо обученных стрелках можно вести обстрел самолета (если обстрел начать с дистанции не менее 600 *м*) с установкой двух прицелов: поло-

вииа группы стрелков ставит прицел „26“ и другая половина — „28“.

При взятых нами условиях самолет пройдет опасную для него зону примерно в 15—20 сек., а потому пытаться делать перестановку прицела не следует — это только вызвало бы бесполезную трату времени и излишнюю суету.

Стрельбу по самолетам, атакующим позицию в лоб, надлежит вести с постоянным прицелом, целясь прямо в голову самолета. Такое направление движения самолета можно определить по следующим признакам: видна голова самолета и две или одна плоскость крыльев в виде тоиких линий.

Начиная стрельбу с 700 *м*, каждый стрелок может выпустить три пули по идущему на него самолету и две пули вдогонку.

Для всех случаев открытия огня из винтовок должна быть установлена специальная индивидуальная команда, которая кратко, но ясно указывала бы стрелку, какой вид и способ огня должен вестись.

Так как скорость цели и наклонная дальность до нее более точно определяются специальными приборами, применение которых значительно усложнило бы стрельбу из винтовок и уменьшило бы время на стрельбу, то для данной стрельбы применяется иной способ.

Каждый командир подразделения, выделенный для зенитной стрельбы, должен быть заранее ознакомлен со скоростями и типами самолетов противника, оперирующих на его участке. Получив данные о скоростях, каждый командир выбирает наиболее типичные из них и производит подсчет выноса точек прицеливания для одной или двух наклонных дальностей (но не более 700 *м*), на которых появление противника наиболее вероятно. Произведя данные подсчеты, командир запоминает, на какое количество корпусов нужно будет выносить точку прицеливания при появлении самолетов.

Для подачи первой команды командир определяет на-глаз наклонную дальность и командует соответствующий прицел и на какое количество корпусов необходимо вынести точку прицеливания в зависимости от дальности.

Ошибка в стрельбе от неправильно определенной наклонной дальности, а также и от несовпадения расчетных данных выноса точки прицеливания с действительностью исправляется помощью корректирования, производимого по трассирующим пулям первого звена.

Стрельба по самолету, пикирующему на стреляющее подразделение. Стрельба по самолету, пикирующему на стреляющее подразделение, производится без выноса точки прицеливания, а прицеливание ведется по самолету непосредственно.

При появлении самолета командир определяет наклонную дальность и соответственно ей командует высоту прицела.

При стрельбе следит за трассирующими пулями и вносит поправки в устаиовку, причем если пули при первом залпе

прошли немного ниже цели, а самолет приближается, то менять установку прицела не следует.

Если самолет после пикирования будет итти не в плоскости стрельбы, а в стороне от стреляющего соединения, то стрельбу по нему необходимо проводить так же, как указано при стрельбе по самолету, идущему в стороне от стреляющего подразделения.

Об огне залпами и одиночном. Опыты в 1911—1912 гг. на ружейном полигоне на Финском заливе привели к выводам, что одиночный огонь при стрельбе из винтовок является более выгодным, чем залповый, и мы видим в инструкциях того времени официальные указания на применение одиночной стрельбы даже как на более предпочтительный способ.

Одним из наиболее веских мотивов за одиночную стрельбу является трудность управления огнем залпами вообще в бою, в особенности при обстреливании самолетов на малых дистанциях и при бреющих полетах. Стрельба же из винтовок, надо полагать, будет применяться исключительно в этих случаях, но опять-таки не потому, что она мало действительна на дистанциях, доступных для пулеметов, а по нижеследующим соображениям:

а) пулемет на очень малых дистанциях уже оказывается недостаточно подвижным, подобно тому как артиллерийское орудие по отношению к станковому пулемету на дистанциях выше 1 500 *м*;

б) применение винтовок в бою как оружия ПВО крайне неудобно в тактическом отношении и, наконец,

в) дальнейшее усовершенствование способов зенитной стрельбы из винтовок как индивидуального оружия должно представить больше затруднеиий, чем для оружия коллективного — пулемета.

Некоторые специалисты-зенитчики находят, что наиболее надежным способом сделать огонь из винтовок действительным является корректирование его трассирующими пулями и как компромисс, если трассирующих пуль не будет, допускают установку на каждую винтовку специального зенитного прицела. То и другое как в техническом, так и в тактическом отношении не всегда будет возможно и даже целесообразно. Как использовать такую сложную организацию в критические моменты боя в любом пункте неожиданного появления самолета? На этот вопрос затруднится ответить, конечно, самый опытный тактик и представитель стрелкового дела, привыкший рисовать себе огневой бой не при полигонных условиях, а на фоне боевой обстановки.

О взятии упреждения, когда самолет идет под курсовым углом $K = 90^\circ$. Под термином „упреждение" разумеют величину, на которую выносят дуло оружия впереди самолета по направлению движения последнего. Упреждение зависит только от двух причин: от времени полета пули (т. е. дистанций стрельбы) и от скорости движения цели независимо от направления движения последней. Направление же движения по

отношению позиции влияет на видимую величину упреждения и на величину целика и равняется произведению

$$\sin в \cdot У,$$

где $в$ — угол встречи,

$У$ — линейная величина упреждения.

Углом встречи $в$ принято называть угол, заключенный между линией цели и направлением ее движения.

Как выше было выведено, угол встречи определяется формулой

$$\cos в = \cos э \cdot \cos H \cdot \cos K - \sin э \cdot \sin H,$$

где $э$ — угол места цели;

K — курсовой угол (проекция угла $в$ на горизонт);

H — угол наклона траектории самолета к горизонту.

Для практиков знание теории правильного взятия упреждений в размерах самолета необязательно, так как при отсчитывании упреждений числом фюзеляжей таковые берутся не в абсолютной их величине, а в видимой; таким образом, величина их автоматически будет изменяться в зависимости от угла встречи $в$. Для исследователей же, работающих в этой области, знание ее необходимо.

Для определения необходимого упреждения нужно путь самолета, равный видимой скорости движения самолета, помноженной на время полета пули до точки встречи с самолетом ($v_c \cdot \sin в \cdot t$), разделить на видимую величину фюзеляжа самолета, равную абсолютной его величине, умноженной на синус угла встречи ($ф \sin в$), и затем мысленно отложить видимую величину фюзеляжа от самолета в сторону его движения столько раз, сколько получится от деления. Полученная точка и будет упрежденной точкой для наводки, т. е.

$$У = ф \sin в \cdot n = ф \sin в \frac{v_c \cdot \sin в \cdot t}{ф \cdot \sin в}.$$

По этой формуле для различных углов места цели, углов встречи и дистанций можно составить таблицы упреждений, которыми и пользоваться для их определения, но на практике как таблицы, так и вычисления по формуле неприемлемы, так как для этого нет времени. Для упрощения и сокращения времени на подготовку было предложено брать упреждения по числу фюзеляжей самолета, равных числу сотен дистанций.

Посмотрим, при каких условиях это предложение будет правильным.

Из формулы упреждений имеем:

$$ф \sin в \cdot n = ф \sin в \frac{v_c \sin в \cdot t}{ф \sin в} = v_c \sin вt$$

или

$$фn = v_c t,$$

но

$$t = \frac{D}{v_{ср}},$$

и потому

$$\phi n = \frac{v_c}{v_{ср}} \cdot D.$$

По предложению $n = \frac{D}{100}$; подставляя эту величину, имеем:

$$\phi \frac{D}{100} = \frac{v_c}{v_{ср}} \cdot D \text{ или } \phi = \frac{100 v_c}{v_{ср}}.$$

Так как для винтовки принимается максимальная дальность 700 *м*, а минимальную дальность возьмем 100 *м*, то по таблицам стрельбы найдем, что $v_{ср}$ для 700 *м* равно 586 *м/сек* и для 100 *м* — 820 *м/сек*; получаем, что предлагаемое мнемоническое правило будет пригодно на 700 *м* при соблюдении условия $\phi = \frac{100}{586} v_c = 0{,}17 \cdot v_c$, или $\frac{v_c}{\phi} = 5{,}89$; для дистанции 100 *м* — $\phi = \frac{100}{820} v_c = 0{,}122\ v_c$, или $\frac{v_c}{\phi} = 8{,}2$. Как срединную величину для всех дистанций до 700 *м* можно принять $\frac{v_c}{\phi} = 7$. При этих условиях предлагаемый способ взятия упреждений дает благоприятные результаты, в остальных случаях будут получаться бо́льшие или меньшие упреждения, т. е. не соответствующие действительным, и потому поражений ожидать трудно.

Однако дело обстоит не так уже неутешительно.

Откладываемые упреждения числом фюзеляжей далеко не будут соответствовать предполагаемым по следующим причинам:

а) размеры обстреливаемых самолетов и их скорости будут разнообразны;

б) несомненно, что определенные на-глаз дистанции в большинстве случаев не будут соответствовать действительным;

в) самое откладывание в пространстве упреждений и наводка в упрежденную точку будут сопровождаться ошибками.

Все эти ошибки несомненно могут иметь разные знаки и будут часто компенсировать теоретическую ошибку во взятии упреждений по мнемоническому правилу, а потому откидывать это правило без длительного войскового опыта не следует. Правда, с увеличением крейсерской скорости самолетов оно будет давать еще большие ошибки, но тогда наверное можно путем прибавления дополнительного слагаемого сделать правило вполне приемлемым.

На очень малых дистанциях огневые схватки с самолетами являются мгновенными, трудно допустить возможность применения каких-либо правил по откладыванию упреждений, надо полагать, что на этих дистанциях будет применена стрельба только навскидку.

Хотя на основании некоторых расчетов иногда критикуют стрельбу навскидку даже на малых дистанциях при наводке

в самолет, но нам кажется, что критики неправы, не желая считаться ни с психологией, ни с физической возможностью стрелка.

Заканчивая на этом обзор стрельбы по самолетам из винтовок, приведем конкретные данные нескольких практических стрельб, относящиеся к началу 30-х годов.

К сожалению, мы не имеем статистического материала в виде журналов стрельбы, а потому приходится довольствоваться сведениями, имеющимися у нас, и смотреть на них как на ориентировочный материал.

Условия стрельбы:

1. Полигон.
2. Скорость рукава-пилота — 30—45 *м/сек.*
3. Определение расстояний—глазомерное.
4. 50% трассирующих пуль.
5. Один залп—25—30 сек.
6. Пять залпов—300 сек.
7. Упреждение—вынос на несколько корпусов $\frac{v_c t_п}{ф} \cdot ф$,

где v_c — скорость рукава-пилота;

$t_п$ — время полета пули;

$ф$ — длина фюзеляжа (корпуса) самолета.

Результаты стрельб сведены в нижеследующую таблицу.

№ по порядку	Положение стрелка	H — высота анапели в *м*	Параметр в *м*	Число стрелков	Выпущено пуль	Попало пуль	% попадания	Время на одно попадание в секундах	Среднее время на один залп в секундах	% пораженных рукавов
1	С колена	500	300	6	346	7	2,0	22	50	66,6
2	Лежа	500	300	5	279	3	1,0	36	43	40,0
	В противогазах:									
1	С колена	50	100	12/1[1]	54	2	3,7	8,5	38	100
2	Лежа	300	200	12/1[1]	50	1	2,0	25,0	50	100
3	Лежа	300	200	10/3[1]	152	5	3,2	19,0	63	66

[1] В знаменателе показано количество стрельб с положения стрелка лежа — на спине.

Из рассмотрения приведенных результатов видно, что в среднем процент попаданий колеблется около 2, значительно превышая таковой из пулеметов (0,7%) при стрельбе с прицелом обр. 1928 г.

С практической точки зрения можно сказать, что отделение примерно в 10 стрелков гарантирует в указанных условиях поражение самолета. Однако приходится оговориться, что стрельба полигонная и на малые расстояния до авиацели дает значительно меньшие поражения, чем в приведенных результатах для стрельбы из пулеметов.

К сожалению, стрельба велась только залпами, а потому нельзя провести сравнения ее с одиночной.

Диапазон дальностей взят очень незначительный, вследствие этого вывести заключение о влиянии дальностей на действительность огня не представляется возможным.

Противогазы, повидимому, не оказали влияния на качество стрельбы: самый большой процент попаданий (3,7%) падает на стрельбу в противогазах.

Из представленных результатов трудно вывести заключение о влиянии положения стрелка на стрельбу. Весьма утешительно, что стрельба лежа не уступает стрельбе с колена, которая сильно демаскирует стрелка в отношении наземного противника. Кроме того, нам представляется, что повернуться на спину скорее и проще, чем встать на колено. Полагаем, что при тренировке в стрельбе лежа последняя должна стать предпочтительней, и демаскировка при стрельбе из винтовок понизится или даже совсем отпадет.

Таблицы опытной стрельбы из винтовок США дают следующее.

На малых дистанциях, до 250 *м*, процент попаданий у них значительно больше, но, судя по тому, что стрельбы в противогазах при $H = 50$ *м* и $K = 100$ *м* дали самый большой процент, а именно 3,7, можно заключить, что с уменьшением дистанции процент попаданий быстро повышается.

При увеличении дистанций с 280 ярдов на 400 ярдов процент попаданий снижается с 18 на 5,6 и при увеличении с 250 на 310 ярдов с 33% на 14%, и это не случайность: в таблице резко выражено почти равномерное понижение процента попаданий, 1 200 *м* являются почти пределом действительности огня.

Опытные данные стрельбы из винтовок не дали показаний на преимущества огня по самолетам залпами и одиночным огнем (вольным). Попробуем все же подойти к этому чрезвычайно важному вопросу хотя бы теоретически.

Количество ожидаемых попаданий в основном можно выразить следующей зависимостью

$$B = \frac{ж \cdot N}{C} \text{ или } = N\frac{ж}{\pi R^2} \quad \text{(а)}$$

где B — число попавших пуль;

$ж$ — площадь жизненной части самолета;

N — число выпущенных пуль;

C — площадь полного рассеивания пуль, равная πR^2 (где R есть радиус круга, вмещающего все пули).

Необходимо сделать следующие оговорки:

а) среднюю точку попадания при стрельбе по самолетам будем считать всегда совмещенной с точкой прицеливания;

б) под рассеиванием при отдельном выстреле будем иметь в виду отклонение пули в ту или иную сторону от точки прицеливания. Это отклонение подчинено общему закону рассеивания.

Из формулы видно, что ожидаемое попадание B прямо пропорционально числу выпущенных пуль N и величине площади жизненной части самолета и обратно пропорционально квадрату радиуса рассеивания пуль.

Число выпущенных пуль и радиус их рассеивания зависят от искусства стрельбы и совершенства оружия, величина же жизненной части самолета зависит только от конструкции самолета и для данного случая стрельбы является величиной постоянной.

Для увеличения ожидаемых попаданий необходимо стремиться выпустить по самолету возможно большее число пуль и дать наименьший радиус рассеивания.

Увеличения числа выпускаемых пуль и уменьшения радиуса рассеивания иногда можно достичь применением более целесообразного для данного случая вида огня — залпа или массово-одиночного.

Поставим к буквенным величинам приведенной формулы (а) индексы „о“ и „з“, означающие „одиночный огонь“ и „огонь залпами“. Разделив оба выражения друг на друга, получим:

$$\frac{B_о}{B_з} = \frac{ж \cdot N_о}{\pi R_о^2} : \frac{ж \cdot N_з}{\pi R_з^2} = \frac{R_з^2 N_о}{R_о^2 N_з}.$$

Теперь остается, хотя бы приближенно, оценить величины, вошедшие в формулу.

Исходя из указания опыта, один залп производится примерно в 25—30 сек., при индивидуальном одиночном огне в это же время каждый стрелок сможет выпустить два-три выстрела, или в среднем в 2,5 раза больше, чем залпами, и потому можем принять $N_о = 2{,}5 \cdot N_з$.

Несомненно, при самостоятельном прицеливании и выборе момента спуска курка стрельба будет более меткой, т. е. $R_о < R_з$.

Предположим, что $R_о = 0{,}5 R_з$ или $R_з = 2R_о$. Подставив эти числовые данные в формулу, найдем:

$$\frac{B_о}{B_з} = \frac{(2R_о)^2 \cdot 2{,}5\, N_з}{R_о^2 \cdot N_з} = 10;$$

$$B_о = 10\, B_з.$$

Итак, при теоретическом расчете и при весьма вероятных допущениях, которые вряд ли можно оспаривать, стрельба по самолетам одиночным огнем выгоднее залповой в десять раз. Столь большие преимущества одиночного огня должны отмести в сторону всякую боязнь командиров из-за отсутствия наблю-

дения стрельбы трассирующими пулями выпустить из своих рук управление огнем, в особенности в нашей высококультурной и дисциплинированной Красной Армии.

Теперь попробуем, отчасти опираясь на имеющийся у нас опытный материал, провести сравнительную оценку одиночного огня из винтовок с различными видами огня из пулеметов.

Не имея практических данных, обратимся к формулам.

Огонь из винтовок (одиночный):

$$B_в = \frac{ж N_в}{\pi R_в^2};$$

огонь из пулемета заградительный [формула (20)]

$$B_з = \frac{2ж N_з}{\pi R_з v_с}.$$

Деля эти выражения друг на друга, получаем:

$$\frac{B_в}{B_з} = \frac{ж \cdot N_в \pi R_з v_с}{\pi R_в^2 2ж N_з} = \frac{N_в R_з v_с}{2R_в^2 N_з}.$$

В этой формуле опять неизвестные величины: $N_в$, $N_з$, $R_в$ и $R_з$.

При разборе стрельбы из пулеметов мы пришли к заключению, что при заградительном огне выпускается очередь в 10 выстрелов, которую и примем за величину $N_з$. Предположив, что самолет будет находиться под винтовочным обстрелом 25—30 сек., на основании сравнения залпового и одиночного огня будем иметь для одиночного огня стрелкового отделения (12 винтовок)

$$N_в = 12 \cdot 2{,}5 = 30 \text{ выстрелов.}$$

Сказать, что больше — $R_в$ или $R_з$, трудно, а потому будем считать их равными.

$v_с$ — величина постоянная, но чем больше $v_с$, тем больше значение $B_в$. Объясняется это тем, что чем больше $v_с$, тем меньше времени самолет будет находиться в опасной зоне заградительного огня. Зададимся $v_с = 50$ *м/сек* и $R = 4$ *м*.

Подставляя в формулу взятые величины, получаем:

$$\frac{B_в}{B_з} = \frac{30 \cdot 4 \cdot 50}{2 \cdot 10 \cdot 4^2} \approx 19.$$

$$B_в = 19 \cdot B_з.$$

Отсюда огонь из винтовки получается в девятнадцать раз действительнее заградительного огня из пулемета Максима.

Если даже допустить, что из пулемета успели сделать два заграждения, и то получим:

$$B_в = 9{,}4 \cdot B_з.$$

С увеличением величины радиуса рассеивания, оставляя их равными в обоих случаях, получим:

для $R = 6$

$$\frac{B_в}{B_з} = 12;$$

для $R = 8$

$$\frac{B_в}{B_з} = 9;$$

для $R = 10$

$$\frac{B_в}{B_з} = 7{,}5.$$

Во всяком случае одиночный огонь из винтовок отделением в 12 стрелков оказывается действительнее пулеметного заградительного огня.

Теперь перейдем к сравнению одиночного огня из винтовок с сопроводительным огнем из пулемета:

$$B_с = \frac{N \cdot ж}{C_с}.$$

Здесь: N — число всех пуль, выпущенных по самолету, равное mt (где m — темп стрельбы, t — время стрельбы); $C_с = \pi R_с^2$.

$$B_с = \frac{ж \cdot mt}{\pi R_с^2};$$

$$\frac{B_в}{B_с} = \frac{ж \cdot N_в}{\pi R_в^2} : \frac{ж \cdot mt}{\pi R_с^2} = \frac{N_в R_с^2}{R_в^2 \cdot mt}.$$

Беря цифровые данные из предыдущего примера:

$$t = 30 \text{ сек.},$$

$$mt = 10 \cdot 30 = 300 \text{ пуль},$$

$$N_в = 30 \text{ пуль},$$

получим:

$$\frac{B_в}{B_с} = \frac{30 \cdot R_с^2}{300 R_в^2} = \frac{R_с^2}{10 R_в^2}.$$

В этом случае все преимущества остаются на стороне пулеметного сопроводительного огня.

Действительность огня сравнивается, если $R_с$ будет равно 10 $R_в$ или при $R_с = R_в$ возьмем 120 стрелков:

$$\frac{B_с}{B_з} = \frac{2{,}5x \cdot R_с^2}{300 \cdot R_в^2} = \frac{2{,}5x}{300} = 1, \text{ откуда } x = \frac{300}{2{,}5} = 120.$$

Винтовочный огонь, во всяком случае до 1 000 *м*, обыкновенно много точнее пулеметного; если допустить, что он точнее пулеметного в пять раз, что маловероятно, то в этом случае действительность огня одного отделения уравняется с действительностью огня пулемета.

Для поднятия действительности винтовочного огня, конечно, можно принять для винтовки специальный зенитный прицел; но и этот компромисс вряд ли значительно уменьшит радиус рассеивания.

Огонь из пулеметов очередями займет по отношению к огню из винтовок то же положение, как и сопроводительный. Уступая сопроводительному огню в мощности, он выигрывает в точности стрельбы, т. е. в уменьшении радиуса рассеивания пуль.

Итак, про огонь из винтовки по самолетам можно сказать следующее:

Одиночный вольный огонь мощностью значительно превышает огонь из винтовок залпами и уступает огню пулеметному сопроводительному и очередями.

Проникновеиие пули в среду при падении на землю

Опыты с легкой пулей обр. 1908 г.

Угол возвышения 85°.

Пример 1. Грунт — сырой плотный ил. Глубина проникновения пуль от 1 до 4 *см*. Входное отверстие круглое, но пуля в грунте лежит боком с несколько приподнятой головной частью (рис. 76).

Пример 2. Грунт — сырой плотный ил. Глубина проникновения от 3 до 7 *см*. Входное отверстие по форме — продольного сечения, несколько изогнутое дугообразно, что указывает на вращение пули в горизонтальной плоскости.

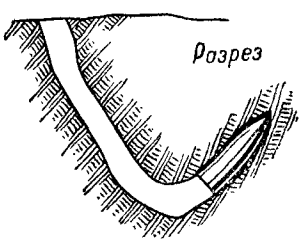


Рис. 76. Проникновение легких пуль обр. 1908 г. в среду при падении их на землю. Угол возвышения 65°

Пример 3. Грунт — сырой плотный ил. Глубина проникновения от 8 до 20 *см* (рис. 77).

Пули, падающие в направлении продольной оси, в особенности головной частью вперед, составляют исключение (около 1%) (рис. 78).

Пример 4. Среда — сосновая доска с набитой на нее фанерой, лежащая на земле плашмя (рис. 79).

Пуля сидит в доске так прочно, что вытащить ее пальцами нельзя.

Экспонат хранится в зенитной лаборатории СТИ „Выстрел".

Угол возвышения 80°.

Пример 5. Грунт — сырой плотный ил. Глубина проникновения от 1 до 4 *см*. Входное отверстие по форме — продольного сечения пули.

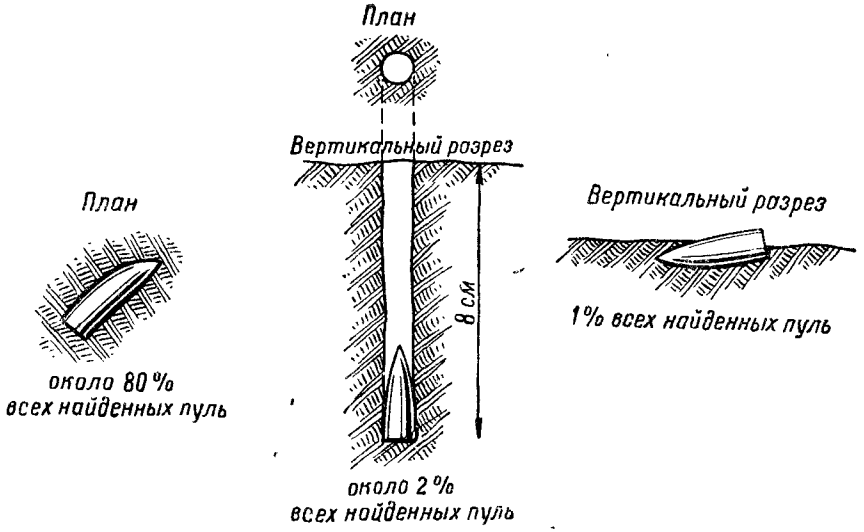
Пример 6. Грунт — мокрый плотный ил. Входное отверстие круглое и полукруглое, диаметром равное длине пули (рис. 80).

Такое очертание отверстия можно объяснить только вращением пули, падающей боком в горизонтальной плоскости.

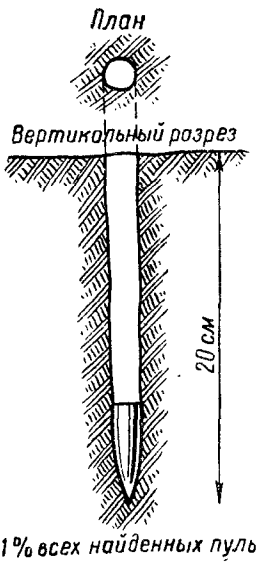
Угол возвышения 70°.

Пример 7. Грунт — сырой неодинаковой плотности ил.

Глубина проникновения в грунт от 8 до 19 *см*, в зависимости от грунта (рис. 81).

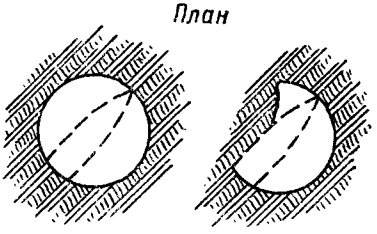


Р и с. 77. То же, при угле возвышения 85°



Р и с. 78. То же, при угле возвышения 50°

Р и с. 79. Пуля, застрявшая в доске



Р и с. 80. Случай падения пули на землю, при котором диаметр отверстия оказался равным длине пули

Угол возвышения 60°.

Пример 8. Грунт — сырой неодинаковой плотности ил.

Глубина проникновения пуль от 23 до 25 *см*. Входное отверстие круглое. Положение пуль разнообразное: а) носком вниз, с большим наклоном тыльной части вправо; б) тыльной частью вниз, с наклоном головной части влево.

Угол возвышения 55°.

Пример 9. Грунт — ил не сырой.

Положение и углубление пуль то же, что и в предыдущем примере.

Рис. 81. Проникновение в среду трассирующей пули

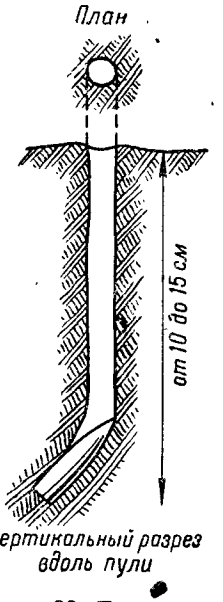


Рис. 82. Проникновение в среду пуль обр. 1930 г. Угол возвышения 80°

Угол возвышения 50°.

Пример 10. При падении пули на землю свист ее уже заметно иной, чем при больших углах возвышения, и удары о землю резче и отчетливее.

След на земле представляет маленькую дырочку, затянутую песком.

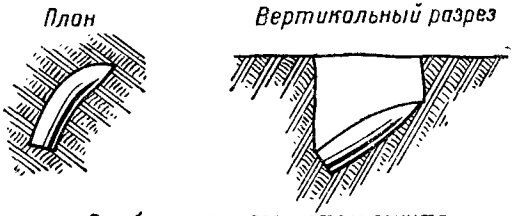


Рис. 83. То же, при угле 50°

Трассирующая пуля (светящаяся)

Пример. Грунт твердый из спрессовавшейся и высохшей смеси ила, песка и мелких ракушек.

Пули дали весьма оригинальный след — довольно глубокую ямку — около 1,5 *см*, затем — в 15—20 *см* обнаружена пуля, лежащая на поверхности земли. Одна пуля, повидимому, после рикошета, была найдена воткнувшейся в почву.

Пуля обр. 1930 г. (тяжелая)

Угол возвышения 80°.

Пример 1. Грунт — сырой плотный ил. Глубина проникновения пуль в грунт — от 10 до 15 *см* (рис. 82).

Пример 2. Характер следов найденных пуль — тот же, что в примере 1, и походит на результаты проникновения в грунт легких пуль, выпущенных под углом возвышения 50° (рис. 83).

Угол возвышения 70°.

Пример 3. Грунт — сильно поросший травой (рис. 84).

На поверхности земли едва заметный кратер около 15 *мм* в диаметре и 5 *мм* глубины. От центра кратера в стороны и вверх заметны трещины.

Сбросив осторожно песок от середины кратера, обнаружили канал, по диаметру равный длине пули, по глубине примерно 15—17 *см*, который переходит в канал, диаметром равный калибру пули. Общая глубина достигает 25—30 *см*.

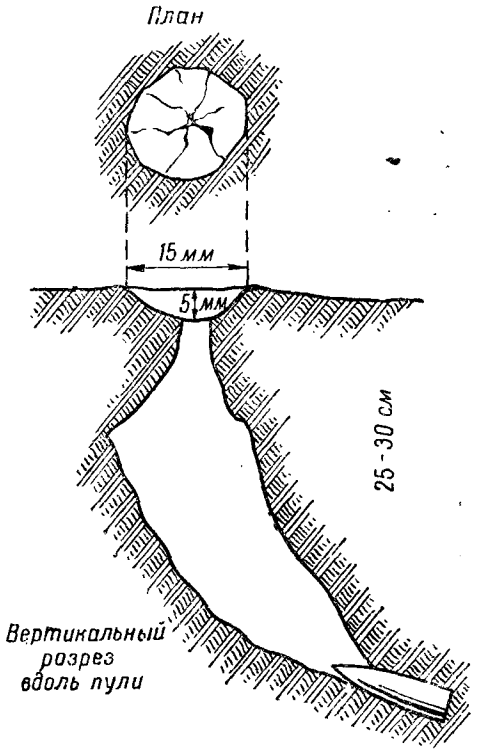


Рис. 84. То же, при стрельбе по грунту, поросшему травой

Примечание. Чертеж и описание весьма приблизительные, так как при самом осторожном разрывании трудно сохранить естественное положение частиц земли и пули.

Углы возвышения 60° и 50°.

Характер падения, форма и глубина канала проникновения в грунт не отличаются заметно от предыдущих.

Приложение

ТАБЛИЦЫ И ГРАФИКИ

Прилагаемые таблицы и графики, как и всякие балистические таблицы, составлены для средней траектории при условии отсутствия ошибок в наводке и для нормальных атмосферных условий, т. е. для температуры + 15°С, барометрического давления у земли 750 *мм*, влажности 50% (плотность воздуха 1,206 *кг/м*³) и высоте местности 110 *м*. Для точного решения практических задач необходимо вносить поправки на измененные условия стрельбы и принимать во внимание рассеивание пуль. На основании сказанного естественно, что поражаемые пространства, указанные в таблицах 6 и 7, при учете рассеивания пуль увеличатся. Для приближенного определения полного поражаемого пространства необходимо в графиках 6 и 7 уменьшить согласно табл. 13 превышение траекторий на велнчину четырех вероятных отклонений. Этим уменьшением высот мы определим положение нижней траекторин снопа (действительного или мнимого) траекторий пуль и узнаем величину полного поражаемого пространства. Во всех основных таблицах входными числами взяты наклонная дальность и углы места цели.

Таблицы 1 и 2 дают зависимость углов прицеливания от дистанций и углов места цели для пулемета Максима на универсальном станке, для которого угол вылета в среднем определяется в —3′, почти такая же величина угла вылета определяется и для треноги обр. 1928 г. Эти таблицы составлены по точным балистическим формулам. Таблицы 3 и 4 дают ту же зависимость, но составлены по приближенным формулам Лендера, причем для вычисления этих таблиц основной величиной принимался угол прицеливания для наземных стрельб из официальных таблиц изд. 1938 года. Таблицы для наземных стрельб составлены для пулемета Максима на станке Соколова, для которого угол вылета определен в 6′ для легкой пули и в 7′ для тяжелой пули. Таким образом, данные табл. 3 и 4 на 3′—4′ превышают углы данных таблиц 1 и 2. Уравнивая углы вылета, мы увидим, что данные табл. 3 и 4 будут очень близки к данным табл. 1 и 2, что показывает на полную приемлемость приближенных формул.

Параллельно с числовыми таблицами даются графические таблицы, которые, с одной стороны, при изучении данного вопроса дают больше наглядности, с другой стороны, дают возможность без интерполирования получать данные для любой промежуточной величины входного числа, что весьма ценно для практического их использования.

В таблицах не освещен вопрос о величине возможных ошибок в наводке и о влиянии их на отклонение средней точки попадания, так как этот вопрос мало исследован практически, а теоретически еще не получил благоприятного решения.

Легкая пуля обр. 1908 г.

Вес 9,6 *г*

Начальная скорость 865 *м/сек*

ТАБЛИ

ЗАВИСИМОСТЬ УГЛОВ ПРИЦЕЛИВАНИЯ α,

(Вычислена по бали

D_c в *м* \ ε	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°
100	0°4′	0°4′	0°4′	0°3′	0°3′	0°3′	0°2′	0°1′
200	0°7′	0°7′	0°7′	0°6′	0°6′	0°5′	0°4′	0°4′
300	0°10′	0°10′	0°10′	0°9′	0°9′	0°8′	0°7′	0°7′
400	0°14′	0°14′	0°14′	0°13′	0°13′	0°12′	0°10′	0°10′
500	0°19′	0°19′	0°18′	0°17′	0°17′	0°16′	0°15′	0°14′
600	0°25′	0°25′	0°24′	0°23′	0°23′	0°22′	0°20′	0°19′
700	0°32′	0°32′	0°31′	0°30′	0°29′	0°28′	0°26′	0°25′
800	0°40′	0°40′	0°39′	0°38′	0°37′	0°35′	0°33′	0°31′
900	0°49′	0°49′	0°48′	0°46′	0°45′	0°43′	0°41′	0°39′
1 000	0°59′	0°59′	0°58′	0°56′	0°55′	0°53′	0°50′	0°47′
1 100	1°10′	1°10′	1°09′	1°07′	1°05′	1°2′	0°59′	0°55′
1 200	1°22′	1°22′	1°21′	1°18′	1°16′	1°13′	1°9′	1°5′
1 300	1°36′	1°36′	1°35′	1°32′	1°29′	1°25′	1°20′	1°15′
1 400	1°53′	1°52′	1°51′	1°47′	1°44′	1°40′	1°34′	1°28′
1 500	2°13′	2°12′	2°11′	2°07′	2°03′	1°58′	1°51′	1°44′

Ц А 1

МЕСТА ЦЕЛИ ε И НАКЛОННОЙ ДИСТАНЦИИ D_c

Для пулемета Максима на универсальном станке

стическим формулам)

Угол вылета —3′

40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°
0°1′	0°	0°	0°	—0°1′	—0°1′	—0°2′	—0°3′	—0°3′	—0°3′
0°4′	0°3′	0°2′	0°2′	0°	0°	0°	—0°2′	—0°2′	—0°3′
0°6′	0°5′	0°4′	0°4′	0°2′	0°1′	0°1′	—0°1′	—0°1′	—0°2′
0°9′	0°8′	0°7′	0°6′	0°4′	0°3′	0°2′	0°	—0°1′	—0°2′
0°13′	0°11′	0°10′	0°9′	0°7′	0°5′	0°4′	0°1′	0°	—0°1′
0°18′	0°16′	0°14′	0°12′	0°10′	0°8′	0°6′	0°3′	0°1′	—0°1′
0°23′	0°20′	0°18′	0°16′	0°13′	0°10′	0°8′	0°5′	0°2′	0°
0°29′	0°26′	0°24′	0°21′	0°17′	0°14′	0°11′	0°7′	0°4′	0°1′
0°36′	0°32′	0°29′	0°25′	0°20′	0°17′	0°13′	0°9′	0°5′	0°1′
0°43′	0°39′	0°35′	0°31′	0°26′	0°21′	0°16′	0°11′	0°7′	0°2′
0°51′	0°46′	0°42′	0°37′	0°31′	0°25′	0°20′	0°14′	0°8′	0°3′
1°0′	0°54′	0°49′	0°43′	0°36′	0°30′	0°24′	0°17′	0°10′	0°4′
1°10′	1°03′	0°57′	0°51′	0°43′	0°36′	0°29′	0°20′	0°12′	0°5′
1°22′	1°14′	1°07′	0°59′	0°50′	0°42′	0°34′	0°24′	0°15′	0°6′
1°37′	1°28′	1°19′	1°10′	1°0′	0°50′	0°40′	0°28′	0°18′	0°8′

Тяжелая пуля обр. 1930 г.
Вес 11,8 *г*
Начальная скорость 800 *м/сек*

ТАБЛИ

ЗАВИСИМОСТЬ УГЛОВ ПРИЦЕЛИВАНИЯ α,

(Вычислена по бали

D_c в *м* \ ε	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°
100	0°5′	0°5′	0°5′	0°4′	0°4′	0°4′	0°3′	0°3′
200	0°8′	0°8′	0°8′	0°7′	0°7′	0°7′	0°5′	0°5′
300	0°11′	0°11′	0°11′	0°10′	0°10′	0°9′	0°8′	0°7′
400	0°15′	0°15′	0°15′	0°14′	0°14′	0°13′	0°11′	0°11′
500	0°19′	0°19′	0°19′	0°17′	0°17′	0°17′	0°15′	0°14′
600	0°24′	0°24′	0°24′	0°22′	0°22′	0°21′	0°19′	0°18′
700	0°30′	0°30′	0°29′	0°28′	0°27′	0°26′	0°24′	0°23′
800	0°37′	0°37′	0°37′	0°35′	0°34′	0°33′	0°30′	0°29′
900	0°45′	0°45′	0°45′	0°43′	0°42′	0°40′	0°37′	0°35′
1 000	0°53′	0°53′	0°52′	0°50′	0°49′	0°47′	0°44′	0°42′
1 100	1°02′	1°2′	1°1′	0°59′	0°57′	0°55′	0°52′	0°49′
1 200	1°12′	1°12′	1°11′	1°9′	1°7′	1°4′	1°0′	0°57′
1 300	1°24′	1°24′	1°23′	1°20′	1°18′	1°14′	1°10′	1°08′
1 400	1°37′	1°37′	1°36′	1°33′	1°30′	1°26′	1°20′	1°16′
1 500	1°51′	1°51′	1°49′	1°45′	1°42′	1°38′	1°32′	1°27′

ЦА 2

МЕСТА ЦЕЛИ c И ДИСТАНЦИИ D_c

Для пулемета Максима
на универсальном станке

стическим формулам)

Угол вылета = —5′

40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°
0°2′	0°1′	0°1′	0°1′	0°	—0°1′	—0°1′	—0°2′	—0°2′	—0°3′
0°5′	0°3′	0°3′	0°2′	0°1′	0°1′	0°	—0°1′	—0°2′	—0°3′
0°7′	0°5′	0°5′	0°4′	0°3′	0°2′	0°1′	—0°1′	—0°1′	—0°2′
0°10′	0°8′	0°7′	0°6′	0°4′	0°3′	0°2′	0°	—0°1′	—0°2′
0°13′	0°11′	0°10′	0°9′	0°7′	0°5′	0°4′	0°1′	0°	—0°1′
0°17′	0°15′	0°13′	0°12′	0°9′	0°7′	0°6′	0°3′	0°1′	—0°1′
0°22′	0°19′	0°17′	0°15′	0°12′	0°10′	0°8′	0°4′	0°2′	0°
0°27′	0°24′	0°22′	0°19′	0°15′	0°12′	0°9′	0°5′	0°3′	0°
0°33′	0°29′	0°26′	0°23′	0°18′	0°15′	0°12′	0°7′	0°4′	0°1′
0°39′	0°34′	0°30′	0°27′	0°23′	0°19′	0°15′	0°10′	0°6′	0°2′
0°45′	0°41′	0°37′	0°32′	0°27′	0°22′	0°17′	0°12′	0°7′	0°2′
0°54′	0°47′	0°42′	0°37′	0°31′	0°26′	0°21′	0°14′	0°9′	0°3′
1°2′	0°55′	0°50′	0°41′	0°38′	0°32′	0°26′	0°17′	0°11′	0°4′
1°11′	1°4′	0°58′	0°51′	0°43′	0°33′	0°29′	0°20′	0°13′	0°5′
1°21′	1°14′	1°7′	0°59′	0°50′	0°42′	0°33′	0°23′	0°14′	0°6′

Легкая пуля обр. 1908 г.
Вес 9,6 *г*
Начальная скорость 865 *м/сек*

ТАБЛИ

ЗАВИСИМОСТЬ УГЛОВ ПРИЦЕЛИВАНИЯ α,

(Вычислена по приближенным формулам Лен
целям для стрелкового

D_c в *м* \ ε	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°
100	12′	12′00″	11′50″	11′35″	11′20″	10′47″	10′12″	9′50″
200	13′	13′00″	12′36″	12′24″	12′05″	11′35″	11′10″	10′36″
300	15′	14′55″	14′45″	14′30″	14′10″	13′40″	13′00″	12′25″
400	19′	19′00″	18′30″	18′30″	18′00″	17′20″	16′30″	15′35″
500	23′	23′00″	22′40″	22′30″	22′00″	20′45″	19′30″	19′00″
600	28′	28′00″	27′35″	27′00″	26′25″	25′25″	24′20″	23′05″
700	34′	33′55″	33′30″	33′00″	32′05″	31′00″	29′35″	28′00″
800	41′	40′55″	40′25″	40′00″	38′45″	37′20″	35′40″	33′50″
900	49′	49′00″	48′30″	48′00″	46′30″	44′40″	42′45″	40′30″
1 000	58′	57′50″	57′20″	56′30″	54′50″	53′00″	50′40″	48′00″
1 100	1°09′	1°08′50″	1°08′00″	1°07′00″	1°05′20″	1°03′05″	1°00′25″	57′15″
1 200	1°21′	1°20′50″	1°20′05″	1°18′30″	1°16′35″	1°14′00″	1°11′00″	1°07′15″
1 300	1°35′	1°34′30″	1°32′00″	1°32′30″	1°30′30″	1°27′05″	1°23′25″	1°18′30″
1 400	1°52′	1°51′40″	1°50′55″	1°49′00″	1°46′25″	1°43′00″	1°38′40″	1°33′10″
1 500	2°12′	2°11′30″	2°10′15″	2°05′30″	2°05′40″	2°01′40″	1°56′05″	1°50′40″

ТАБЛИЦА 3а

ТАБЛИЦА-ГРАФИК ЗАВИСИМОСТИ УГЛОВ ПРИЦЕЛИВАНИЯ ОТ УГЛОВ МЕСТА ЦЕЛИ ДЛЯ РАВНЫХ НАКЛОННЫХ ДИСТАНЦИЙ (ИЗОДИСТАНЦИОННЫЕ КРИВЫЕ) ДЛЯ ПУЛИ ОБР. 1908 г.

Ц А 3

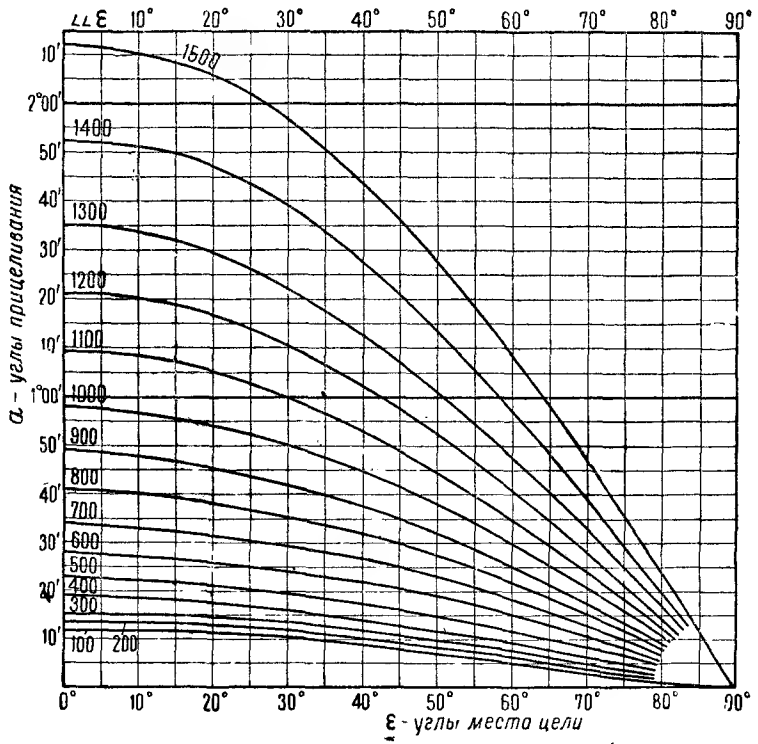
Для пулемета Максима на станке Соколова

Угол вылета —6′

МЕСТА ЦЕЛИ ε И НАКЛОННОЙ ДИСТАНЦИИ D_c

дера; α_0 взято из „Таблиц стрельбы по наземным оружия", изд. 1938 г.)

40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°
9′10″	8′35″	7′55″	7′00″	6′05″	5′05″	4′10″	3′10″	2′15″	1′07″	0
10′00″	9′30″	8′40″	7′48″	6′48″	5′40″	4′36″	3′30″	3′00″	1′30″	0
11′30″	10′45″	9′40″	8′30″	7′50″	6′20″	5′00″	3′50″	3′30″	1′50″	0
14′40″	13′30″	12′10″	10′55″	9′05″	8′00″	6′30″	5′00″	3′35″	1′55″	0
17′45″	16′00″	14′50″	13′20″	11′35″	9′35″	7′50″	6′00″	4′05″	2′02″	0
21′35″	19′55″	18′05″	16′10″	14′20″	12′00″	9′40″	7′30″	5′10″	2′35″	0
27′15″	24′15″	22′05″	19′40″	17′15″	14′35″	11′50″	8′55″	5′55″	3′00″	0
31′40″	29′15″	26′05″	23′45″	20′45″	17′30″	14′05″	10′30″	7′15″	3′35″	0
37′55″	35′00″	32′30″	28′30″	24′50″	21′00″	17′00″	12′55″	8′45″	4′25″	0
45′00″	41′30″	37′50″	33′40″	30′05″	24′55″	20′10″	15′55″	10′05″	5′02″	0
53′30″	49′30″	45′00″	40′05″	35′05″	29′40″	24′00″	18′30″	12′30″	6′15″	0
1°02′05″	57′30″	53′00″	47′25″	41′20″	35′00″	28′20″	21′30″	14′20″	7′10″	0
1°13′45″	1°08′30″	1°02′00″	55′50″	49′05″	41′25″	33′00″	20′20″	17′10″	7′30″	0
1°27′40″	1°21′00″	1°13′55″	1°06′05″	58′30″	48′30″	39′25″	30′00″	20′00″	10′00″	0
1°43′45″	1°36′00″	1°27′25″	1°18′05″	1°08′20″	57′20″	47′00″	35′25″	24′00″	12′00″	0



Тяжелая пуля обр. 1930 г.
Вес 11,8 *г*
Начальная скорость
800 *м/сек.*

ТАБЛИ

ЗАВИСИМОСТЬ УГЛОВ ПРИЦЕЛИВАНИЯ α_c, МЕСТА

(Вычислена по приближенным формулам Лендера; α_0

D_c в *м* \ ε	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°
100	13′	12′52″	12′48″	12′33″	12′12″	11′48″	11′18″	10′36″
200	15′	14′54″	14′45″	14′30″	14′06″	13′35″	13′00″	12′30″
300	17′	16′52″	16′45″	16′35″	16′00″	15′35″	14′45″	14′00″
400	20′	19′55″	19′45″	19′20″	18′50″	18′10″	17′20″	16′30″
500	24′	23′50″	23′35″	23′15″	22′35″	21′50″	20′50″	19′45″
600	29′	28′55″	28′35″	28′05″	27′20″	26′20″	25′15″	23′50″
700	34′	33′55″	32′45″	32′35″	32′05″	31′00″	29′35″	28′05″
800	40′	39′50″	39′30″	38′45″	37′35″	36′30″	34′50″	33′00″
900	47′	46′50″	46′25″	45′35″	44′25″	42′50″	41′00″	38′50″
1 000	55′	54′45″	54′20″	53′20″	52′00″	50′00″	48′00″	45′30″
1 100	1°04′	1°03′50″	1°03′15″	1°02′05″	1°00′15″	58′30″	56′00″	51′45″
1 200	1°15′	1°14′50″	1°14′10″	1°12′50″	1°11′00″	1°08′00″	1°05′40″	1°02′10″
1 300	1°27′	1°26′50″	1°26′00″	1°24′35″	1°22′30″	1°19′45″	1°16′20″	1°12′20″
1 400	1°40′	1°39′20″	1°38′20″	1°37′00″	1°34′55″	1°31′45″	1°27′55″	1°23′20″
1 500	1°54′	1°53′55″	1°52′00″	1°51′05″	1°48′20″	1°45′00″	1°40′25″	1°35′10″

ТАБЛИЦА 4а

ТАБЛИЦА-ГРАФИК ЗАВИСИМОСТИ УГЛОВ ПРИЦЕЛИВАНИЯ ОТ УГЛОВ МЕСТА ЦЕЛИ ДЛЯ РАВНЫХ НАКЛОННЫХ ДИСТАНЦИЙ (ИЗОДИСТАНЦИОННЫЕ КРИВЫЕ) ДЛЯ ПУЛИ ОБР. 1930 г.

Ц А 4

Для пулемета Максима
на станке Соколова

Угол вылета —7′

ЦЕЛИ ε И НАКЛОННОЙ ДИСТАНЦИИ ДО ЦЕЛИ D_c

взято из таблиц стрельбы стрелкового оружия изд. 1938 г.)

40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°
10′00″	9′12″	8′18″	7′30″	6′30″	5′35″	4′35″	3′30″	2′10″	0′18″	0
11′30″	10′42″	9′50″	8′45″	7′36″	6′30″	5′21″	4′00″	2′48″	0′36″	0
13′06″	12′00″	11′00″	10′00″	8′45″	7′30″	6′10″	4′40″	3′05″	1′06″	0
15′20″	14′10″	12′55″	11′30″	10′05″	8′35″	7′00″	5′25″	3′40″	1′42″	0
18′30″	17′00″	15′30″	13′55″	12′00″	10′10″	8′20″	6′20″	4′20″	2′06″	0
22′20″	20′40″	18′45″	16′45″	14′40″	12′20″	10′10″	7′30″	5′00″	2′42″	0
26′10″	24′15″	22′00″	19′40″	17′15″	14′30″	11′45″	8′55″	5′55″	3′12″	0
30′50″	28′30″	26′00″	23′00″	20′00″	17′00″	14′00″	10′25″	7′00″	3′42″	0
36′20″	33′35″	30′30″	27′15″	23′50″	20′00″	16′25″	12′15″	8′10″	4′25″	0
42′30″	39′20″	35′45″	31′55″	28′00″	23′35″	19′05″	14′25″	9′35″	5′12″	0
49′40″	45′50″	41′50″	37′15″	32′30″	27′40″	22′20″	16′50″	11′25″	6′06″	0
56′40″	53′55″	48′00″	43′45″	38′20″	32′00″	26′20″	19′55″	13′00″	7′06″	0
1°07′45″	1°02′35″	56′05″	51′00″	44′30″	37′40″	30′30″	23′00″	15′40″	8′00″	0
1°18′05″	1°12′10″	1°05′45″	58′50″	51′40″	43′25″	35′20″	26′30″	18′00″	9′10″	0
1°29′20″	1°22′30″	1°15′15″	1°07′20″	58′50″	49′40″	40′30″	30′20″	20′30″	10′10″	0

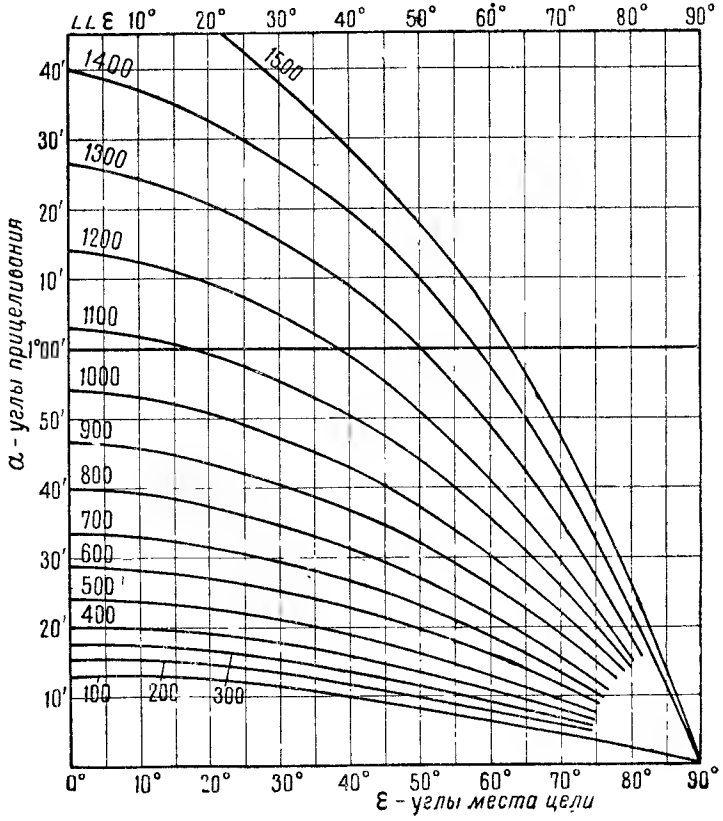


ТАБЛИЦА 5

ЗАВИСИМОСТЬ НАКЛОННЫХ ДИСТАНЦИЙ D_c (в *м*) ОТ УГЛОВ ЦЕЛИ ε И УГЛОВ ПРИЦЕЛИВАНИЯ α

(Составлена на основе табл. 3)

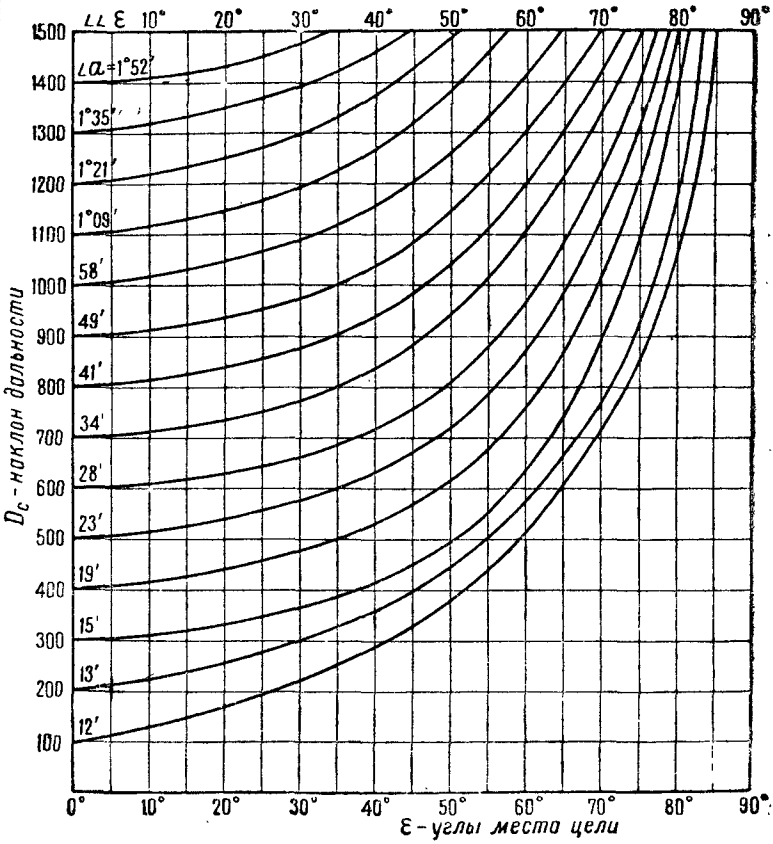
α \ ε	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°
0°12′	100	130	150	180	200	220	250	270	300	350	390	450	525	600	700
13′	200	205	210	220	240	265	300	335	335	380	430	485	550	640	750
15′	300	305	310	315	320	340	355	375	410	455	490	550	610	710	830
19′	400	405	410	420	435	450	475	500	540	580	625	680	750	845	975
23′	500	510	520	530	545	560	580	600	640	680	730	790	860	950	1 070
28′	600	605	620	620	630	640	665	700	740	775	840	890	970	1 090	1 200
34′	700	710	715	725	740	760	775	800	835	875	930	1 025	1 090	1 190	1 320
41′	800	810	815	825	840	855	875	910	950	990	1 055	1 110	1 190	1 290	1 415
49′	900	905	910	915	935	960	980	1 010	1 050	1 090	1 150	1 220	1 300	1 400	1 500
58′	1 000	1 005	1 010	1 020	1 035	1 055	1 075	1 110	1 150	1 200	1 260	1 330	1 400	1 500	
1°09′	1 100	1 105	1 110	1 115	1 130	1 160	1 180	1 210	1 260	1 300	1 375	1 450	1 500		
1°21′	1 200	1 205	1 210	1 220	1 230	1 255	1 265	1 305	1 370	1 400					
1°35′	1 300	1 305	1 310	1 320	1 330	1 355	1 380	1 425	1 450						
1°52′	1 400	1 405	1 410	1 420	1 435	1 450	1 470	1 490							
2°12′	1 500														

Т А Б Л И Ц А 5а

МЕСТА

ТАБЛИЦА-ГРАФИК ДИСТАНЦИЙ РАВНЫХ УГЛОВ ПРИЦЕЛИВАНИЯ ДЛЯ ПУЛИ ОБР. 1908 г. (ИЗОПРИЦЕЛЬНЫЕ КРИВЫЕ)

75°	80°	85°	90°
860	1 090		
900	1 130		
970	1 220		
1 130			
1 240			
1 360			
1 470			



Пуля обр. 1930 г. (тяжелая) ТАБЛИЦА 56

ЗАВИСИМОСТЬ ДАЛЬНОСТЕЙ D_c (в *м*) ОТ УГЛОВ МЕСТА ЦЕЛИ ε И УГЛОВ

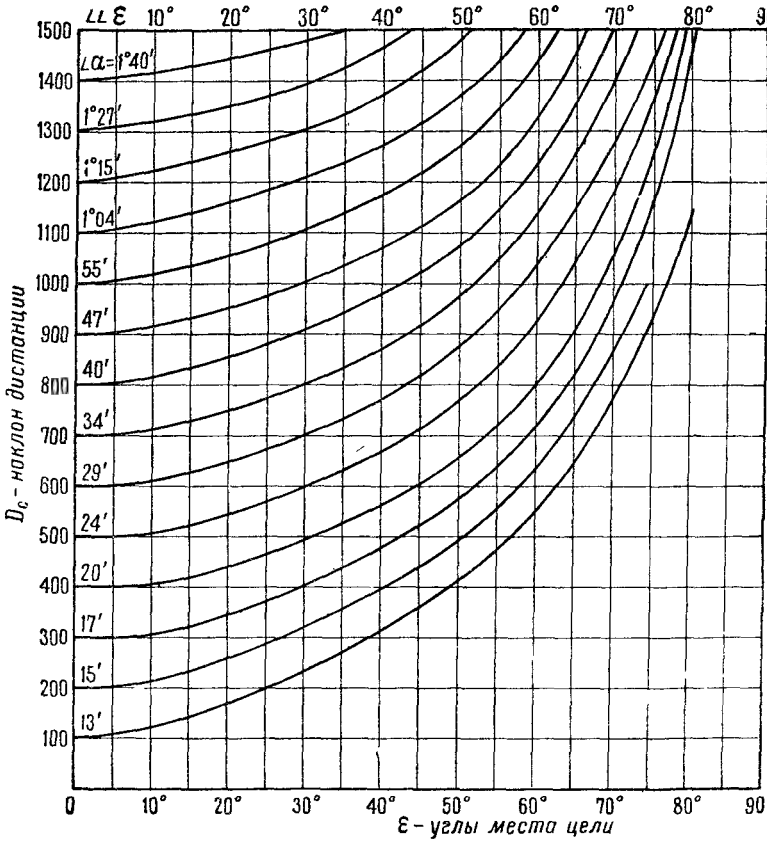
(Составлена на основе табл. 4)

α \ ε	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°
13′	100	100	110	120	150	170	200	240	270	330	390	460	540	625	760
15′	200	210	220	230	250	270	300	340	370	430	470	540	620	770	845
17′	300	300	305	310	330	350	365	370	450	500	550	610	705	800	910
20′	400	400	420	430	440	450	480	510	550	585	645	715	800	900	1 040
24′	500	505	510	525	540	550	580	600	645	700	750	820	905	1 000	1 140
29′	600	605	615	620	635	660	680	710	755	800	830	925	1 025	1 120	1 260
34′	700	705	715	725	730	765	785	810	860	910	970	1 035	1 120	1 215	1 370
40′	800	805	810	820	830	860	885	920	970	1 020	1 070	1 150	1 230	1 350	1 500
47′	900	910	920	930	940	960	980	1 025	1 060	1 120	1 175	1 250	1 330	1 465	1 500
55′	1 000	1 005	1 010	1 025	1 035	1 065	1 080	1 130	1 155	1 210	1 275	1 355	1 425	1 500	
1°04′	1 100	1 110	1 115	1 120	1 130	1 170	1 185	1 220	1 260	1 320	1 360	1 430			
1°15′	1 200	1 205	1 215	1 225	1 240	1 260	1 290	1 320	1 370	1 425	1 480				
1°27′	1 300	1 305	1 315	1 325	1 340	1 365	1 390	1 420	1 470						
1°40′	1 400	1 415	1 420	1 425	1 440	1 465	1 480	1 500							
1°54′	1 500														

ТАБЛИЦА 5в

ТАБЛИЦА-ГРАФИК ДИСТАНЦИЙ РАВНЫХ УГЛОВ ПРИЦЕЛИВАНИЯ ДЛЯ ТЯЖЕЛОЙ ПУЛИ ОБР. 1930 г. (ИЗОПРИЦЕЛЬНЫЕ КРИВЫЕ)

ПРИЦЕЛИВАНИЯ α				
75°	80°	85°	90°	
940	1 140	1 500		
1 020	1 200	1 550		
1 095	1 370			
1 215	1 480			
1 320				
1 465				
1 500				



ПРЕВЫШЕНИЕ СРЕДНИХ ТРАЕКТОРИЙ НАД ПРОСТРАНСТВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ

Стрельба на 800 *м* (Вычислена на

Углы места цели ε	Углы прицеливания α	Поражаемое пространство в *м*	Расстояние по линии прицеливания в *м*									Поражаемое пространство в *м*
			0	100	200	300	400	500	600	700	800	
			Превышение в *см*									
0	41′	245	0	90	180	237	270	270	240	150	0	170
5	40′55″	250	0	84	162	233	255	261	225	142	0	175
10	40′25″	250	0	83	165	227	254	258	221	140	0	180
15	40′00″	260	0	82	160	224	250	254	220	138	0	185
20	38′45″	275	0	80	155	214	241	241	215	135	0	190
25	37′20″	300	0	77	150	206	233	241	209	128	0	200
30	35′40″	325	0	74	142	192	223	235	198	118	0	205
35	33′50″	375	0	70	135	187	212	216	188	107	0	225
40	31′40″	400	0	65	126	176	198	202	176	101	0	250
45	29′15″	800	0	60	115	165	183	193	163	92	0	800
50	26′05″	800	0	55	107	150	176	185	149	89	0	800
55	23′45″	800	0	49	93	133	145	151	136	83	0	800
60	20′45″	800	0	43	81	113	136	133	112	62	0	800
65	17′30″	800	0	34	69	97	110	115	96	59	0	800
70	14′05″	800	0	29	55	79	88	91	77	45	0	800
75	10′30″	800	0	21	41	58	64	65	52	32	0	800
80	7′15″	800	0	14	25	33	43	46	36	27	0	800
85	3′35″	800	0	7	12	15	19	22	17	12	0	800
90	0		0									

Примечание. Заштрихованное пространство таблиц показывает ве прицеливания. Для графика середина графы показывает расстояние по ли

Ц А 6

ЛИНИЕЙ ПРИЦЕЛИВАНИЯ И ПОРАЖАЕМЫХ УГЛОВ МЕСТА ЦЕЛИ И ДИСТАНЦИИ

основе табл. 3) Стрельба на 1 000 м

Углы прицеливания	Поражаемое пространство в м	Расстояние по линии прицеливания в м											Поражаемое пространство в м
		0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1 000	
		Превышение в см											
58′	140	0	150	290	390	480	530	550	520	420	260	0	40
57′50″	141	0	133	261	374	452	507	521	487	394	231	0	50
57′20″	142	0	132	260	372	452	504	518	482	394	231	0	60
56′30″	145	0	131	257	367	442	494	515	476	384	222	0	80
54′50″	147	0	126	249	355	429	478	485	460	374	217	0	90
53′00″	150	0	123	241	343	415	469	481	445	364	216	0	90
50′40″	160	0	118	230	329	398	453	460	427	349	206	0	100
48′00″	170	0	111	218	310	377	422	434	405	330	195	0	105
45′00″	190	0	104	204	292	353	396	409	380	310	184	0	120
41′30″	210	0	94	183	251	326	371	377	349	285	169	0	125
37′50″	250	0	87	170	246	299	334	345	319	273	139	0	150
33′40″	330	0	78	150	220	268	296	305	283	230	134	0	170
30′05″	350	0	70	135	194	241	269	275	260	217	118	0	200
24′55″	425	0	58	112	162	197	223	225	209	172	102	0	250
20′10″	1 000	0	46	90	132	159	179	183	169	141	82	0	1 000
15′55″	1 000	0	37	72	105	127	144	147	142	126	78	0	1 000
10′05″	1 000	0	23	41	57	76	87	86	84	66	34	0	1 000
5′02″	1 000	0	11	20	28	36	44	43	41	64	16	0	1 000
0													

личину поражаемого пространства при движении цели высотою 2 м вдоль линии ии прицеливания, показанное над графой.

ТАБЛИЦА 6а

ГРАФИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА ПРЕВЫШЕНИЙ ТРАЕКТОРИИ НАД ЛИНИЕЙ ПРИЦЕЛИВАНИЯ ПРИ СТРЕЛЬБЕ ЛЕГКОЙ ПУЛЕЙ ОБР. 1908 г. НА 800 *м*

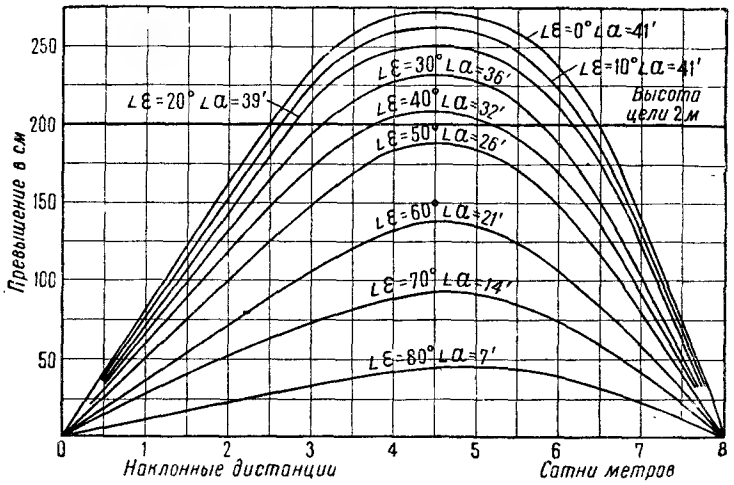
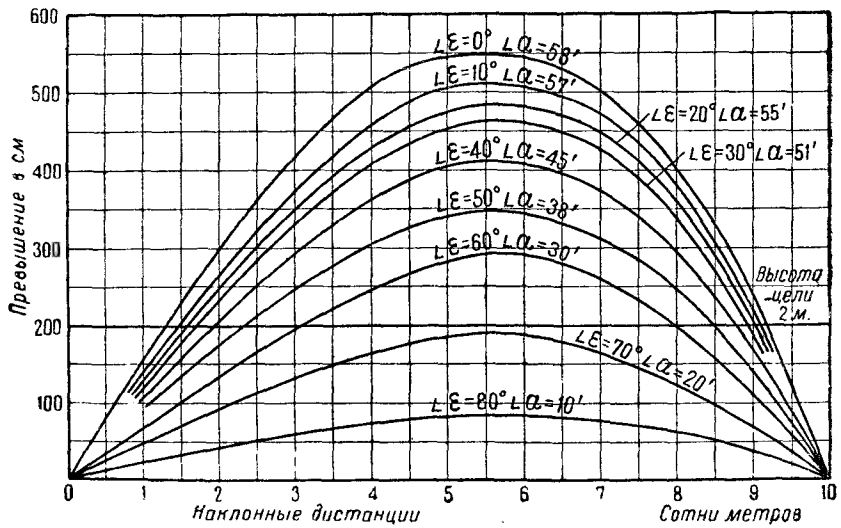


ТАБЛИЦА 6б

ГРАФИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА ПРЕВЫШЕНИЙ ТРАЕКТОРИИ НАД ЛИНИЕЙ ПРИЦЕЛИВАНИЯ ПРИ СТРЕЛЬБЕ ЛЕГКОЙ ПУЛЕЙ ОБР. 1908 г. НА 1 000 *м*



Легкая пуля обр. 1908 г.

ТАБЛИЦА 6в

ПРЕВЫШЕНИЕ СРЕДНЕЙ ТРАЕКТОРИИ НАД ЛИНИЕЙ ПРИЦЕЛИВАНИЯ И ПОРАЖАЕМЫХ ПРОСТРАНСТВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УГЛА МЕСТА ЦЕЛИ θ И УГЛА ПРИЦЕЛИВАНИЯ α

(Составлена на основе табл. 3)

Для угла $\alpha = 19'$, соответствующего $D_0 = 400$ *м*

Углы места цели	Поражаемое пространство в *м*	Расстояние по линии прицеливания в *м*												
		0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1 000	1 100	1 200
		Превышение в *см*												
0°	400	0	28	40	32									
5°	405	0	28	40	36									
10°	410	0	28	40	37	6								
15°	420	0	28	40	39	6								
20°	435	0	28	40	42	12								
25°	450	0	28	43	46	19								
30°	475	0	28	45	52	29								
35°	500	0	28	49	57	40								
40°	540	0	29	52	65	50	18							
45°	580	0	30	55	73	64	44							
50°	625	0	32	60	81	79	61	16						
55°	680	0	35	65	92	94	82	49						
60°	750	0	37	71	97	115	108	81	36					
65°	850	0	40	77	110	128	136	122	90	36				
70°	975	0	43	84	122	145	162	163	146	114	52			
75°	1 130	0	46	90	132	163	189	201	205	198	159	90	16	130
80°	460	0	49	93	135	179	217	241	266	273	268	259	208	163
85°	400	0	52	102	150	190	247	286	326	359	382	406	408	413

Для угла $\alpha = 58'$, соответствующего $D_0 = 1\,000$ *м*

Поражаемое пространство в *м*	Расстояние по линии прицеливания в *м*															Поражаемое пространство
	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1 000	1 100	1 200	1 300	1 400	1 500	
	Превышение в *см*																
150	0	150	290	390	480	530	550	520	420	260							Около 70 метров
149	0	150	290	390	480	533	553	522	424	260	29						
148	0	150	290	391	480	536	556	524	430	261	19						
148	0	150	290	391	481	538	564	526	440	262	44						
146	0	150	290	392	482	540	572	528	448	301	92						
144	0	150	291	393	483	542	580	553	480	350	150						
142	0	150	291	393	483	560	588	579	520	399	213						
140	0	150	291	398	494	567	609	611	562	458	291						
138	0	150	291	406	504	585	635	626	613	526	378	144					
136	0	150	292	415	518	611	665	687	669	602	480	272	17				
134	0	151	292	422	533	628	697	731	743	668	580	416	176				
132	0	151	292	432	548	648	730	781	797	772	650	500	300	82			
130	0	151	298	438	569	677	762	830	867	868	812	733	582	201			
128	0	154	304	451	583	704	803	884	942	981	962	907	803	627	387	29	
126	0	157	311	462	599	730	844	940	1 022	1 073	1 100	1 085	1 000	945	757	480	
124	0	159	317	473	617	756	881	999	1 105	1 181	1 225	1 264	1 274	1 235	1 140	1 004	
122	0	162	320	476	633	784	922	1 060	1 181	1 290	1 394	1 456	1 525	1 540	1 547	1 048	
120	0	165	329	490	653	814	967	1 125	1 266	1 403	1 541	1 656	1 775	1 940	1 955	2 007	

Примечание. Заштрихованная часть таблицы показывает величину поражаемого пространства при движении цели высотою 2 *м* вдоль линии прицеливания. Для графика середина графы соответствует расстоянию, указанному над графой. Из графика видно, что при малых углах прицеливания и при углах места цели 70° и 75° поражаемое пространство достигает 1 100 *м*; при больших углах прицеливания получается поражаемое пространство только в начале траектории около 150 *м*, в конце — около 70 *м*

ТАБЛИЦА 6г

ГРАФИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА ПРЕВЫШЕНИЙ ТРАЕКТОРИИ НАД ЛИНИЕЙ ПРИЦЕЛИВАНИЯ ПРИ СТРЕЛЬБЕ ЛЕГКОЙ ПУЛЕЙ ОБР. 1908 г. С ПОСТОЯННЫМ УГЛОМ ПРИЦЕЛИВАНИЯ 19′

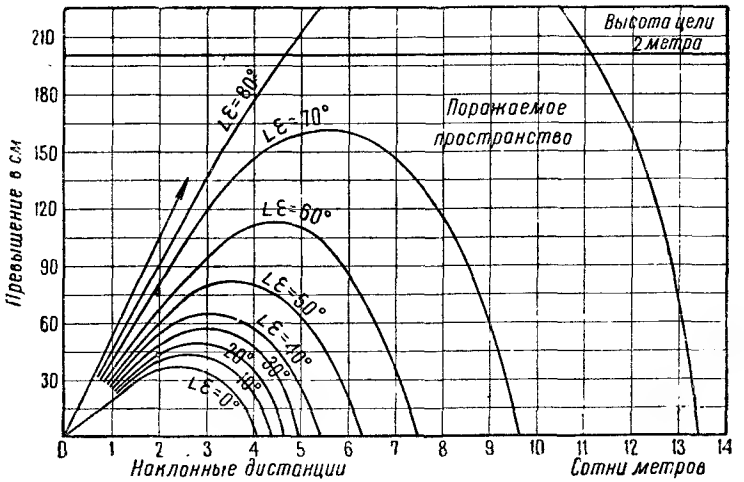
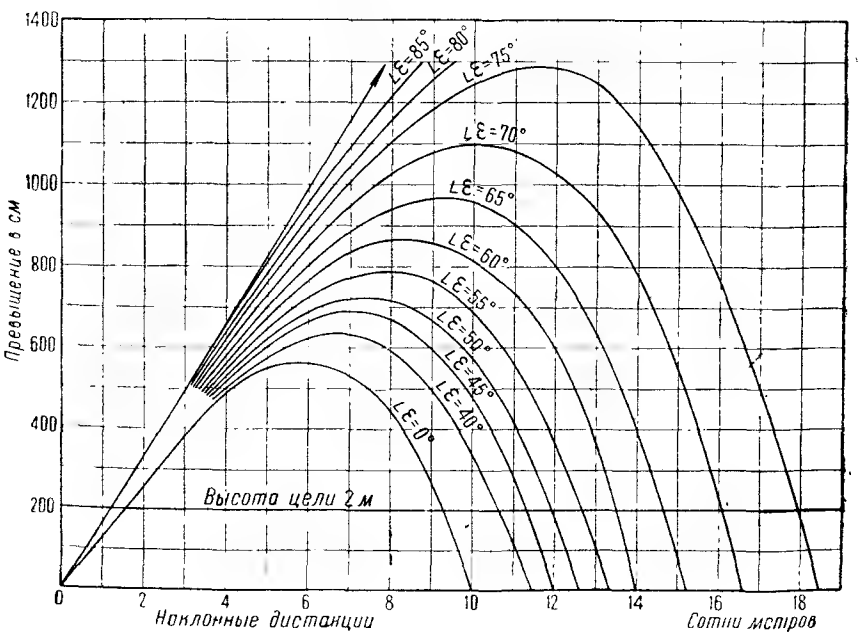


ТАБЛИЦА 6д

ГРАФИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА ПРЕВЫШЕНИЙ ТРАЕКТОРИИ НАД ЛИНИЕЙ ПРИЦЕЛИВАНИЯ ПРИ СТРЕЛЬБЕ ЛЕГКОЙ ПУЛЕЙ ОБР. 1908 г. С ПОСТОЯННЫМ УГЛОМ ПРИЦЕЛИВАНИЯ 58′



НАИБОЛЬШИЕ ПРЕВЫШЕНИЯ ТРАЕКТОРИЙ НАД ЛИНИЕЙ И НАКЛОННОЙ

(Составлена на основании

Углы места цели / Наклонная дистанция в *м*	Легкая пуля обр. 1908 г.										
	0°	5°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	85°
	в с а и т и										
100	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	0
300	15	15	14	14	13	11	10	7	5	3	1
500	70	70	69	66	61	54	45	35	24	12	6
700	190	189	187	178	164	145	122	10	41	21	10
900	400	400	394	376	346	306	257	200	137	69	35
1 000	560	560	551	526	483	429	360	280	191	97	49
1 100	770	770	767	724	667	590	495	385	263	134	67
1 300	1 380	1 375	1 359	1 297	1 195	1 057	887	690	472	240	120
1 500	2 310	2 301	2 275	2 171	2 000	1 729	1 435	1 155	790	401	201

ПРИЦЕЛИВАНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УГЛА МЕСТА ЦЕЛИ ДИСТАНЦИИ

балнстических формул)

Тяжелая пуля обр. 1930 г.											Углы места цели / Наклонная дистанция в м
0°	5°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	85°	
метрах											
3	3	3	3	3	2	2	1	1	0	0	100
20	20	20	19	17	15	13	10	7	3	2	300
70	70	70	66	61	54	45	35	24	12	6	500
170	169	169	160	147	130	107	85	58	29	15	700
350	349	349	329	303	268	225	175	120	61	30	900
480	478	478	451	416	368	308	240	164	83	42	1 000
650	647	640	611	563	498	418	325	222	113	57	1 100
1 110	1 106	1 093	1 043	961	850	713	555	379	193	97	1 300
1 760	1 753	1 733	1 654	1 480	1 348	1 113	880	602	305	153	1 500

ПРЕВЫШЕНИЕ СРЕДНИХ ТРАЕКТОРИЙ НАД ПРОСТРАНСТВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ

Стрельба на 800 *м* (Составлена на

Углы		Поражаемое пространство в *м*	Расстояние по линии цели в *м*									Поражаемое пространство в *м*
места цели ε	прицеливания α		0	100	200	300	400	500	600	700	800	
			Превышение в *см*									
0°	40′	300	0	90	160	200	230	240	200	130	0	200
5°	39′50″	300	0	78	145	199	229	233	190	129	0	200
10°	39′30″	310	0	78	144	198	228	231	190	128	0	220
15°	38′45″	315	0	76	141	193	226	225	186	127	0	225
20°	37′35″	325	0	74	137	188	218	219	179	120	0	245
25°	36′30″	330	0	72	133	185	213	213	177	112	0	275
30°	34′50″	375	0	68	127	182	204	201	170	107	0	300
35°	33′00″	800	0	65	119	166	192	193	160	100	0	800
40°	30′50″	800	0	61	112	155	180	175	148	95	0	800
45°	28′30″	800	0	56	103	144	167	167	137	86	0	800
50°	26′00″	800	0	51	94	131	152	153	126	81	0	800
55°	23′00″	800	0	45	83	113	134	132	109	68	0	800
60°	20′00″	800	0	39	72	103	115	116	93	56	0	800
65°	17′00″	800	0	33	61	83	98	97	81	51	0	800
70°	14′00″	800	0	27	50	68	81	81	67	46	0	800
75°	10′25″	800	0	20	37	50	58	62	51	30	0	800
80°	7′00″	800	0	14	24	34	45	44	35	22	0	800
85°	3′42″	800	0	10	18	23	23	23	17	10	0	800
90°	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Примечание. Заштрихованная часть таблицы показывает величину целивания. Для графика середина графы соответствует расстоянию по ли

ЛИНИЯМИ ПРИЦЕЛИВАНИЯ И ВЕЛИЧИН ПОРАЖАЕМЫХ УГЛОВ МЕСТА ЦЕЛИ ε И НАКЛОННОЙ ДИСТАНЦИИ

основе табл. 4) Стрельба на 1 000 *м*

Углы прицеливания α	Поражаемое пространство в *м*	Расстояние по линии цели в *м*											Поражаемое пространство в *м*
		0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1 000	
		Превышение в *см*											
55′	160	0	130	250	340	410	450	450	430	340	200	0	100
51′45″	165	0	121	232	331	405	450	450	430	340	200	0	100
54′20″	168	0	120	230	327	402	447	449	428	340	200	0	105
53′20″	175	0	118	226	321	392	437	441	422	339	200	0	110
52′00″	180	0	116	221	314	386	428	430	405	335	199	0	115
50′00″	195	0	111	212	300	370	409	413	387	314	188	0	120
48′00″	215	0	107	203	281	356	395	397	375	306	184	0	125
45′30″	225	0	100	192	275	337	367	378	355	291	174	0	130
42′30″	240	0	94	180	256	316	349	352	332	271	161	0	145
39′20″	270	0	88	167	238	293	325	326	307	252	150	0	160
35′45″	290	0	80	150	216	266	295	305	280	227	137	0	175
31′55″	325	0	71	135	191	237	262	265	249	203	122	0	200
28′00″	400	0	62	119	168	208	233	233	219	186	109	0	260
23′35″	1 000	0	52	99	140	174	193	196	185	153	94	0	1 000
19′05″	1 000	0	42	80	113	141	155	156	149	118	72	0	1 000
14′25″	1 000	0	32	61	85	105	120	121	112	93	54	0	1 000
9′35″	1 000	0	22	39	57	69	81	80	75	60	37	0	1 000
5′12″	1 000	0	14	27	36	41	45	45	41	35	20	0	1 000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 000

поражаемого пространства при движении цели высотою 2 *м* вдоль линии прицеливания, показанному над графой.

ТАБЛИЦА 7а

ГРАФИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА ПРЕВЫШЕНИЙ ТРАЕКТОРИИ НАД ЛИНИЕЙ ПРИЦЕЛИВАНИЯ ПРИ СТРЕЛЬБЕ ТЯЖЕЛОЙ ПУЛЕЙ ОБР. 1930 г. НА ДИСТАНЦИЮ 800 *м*

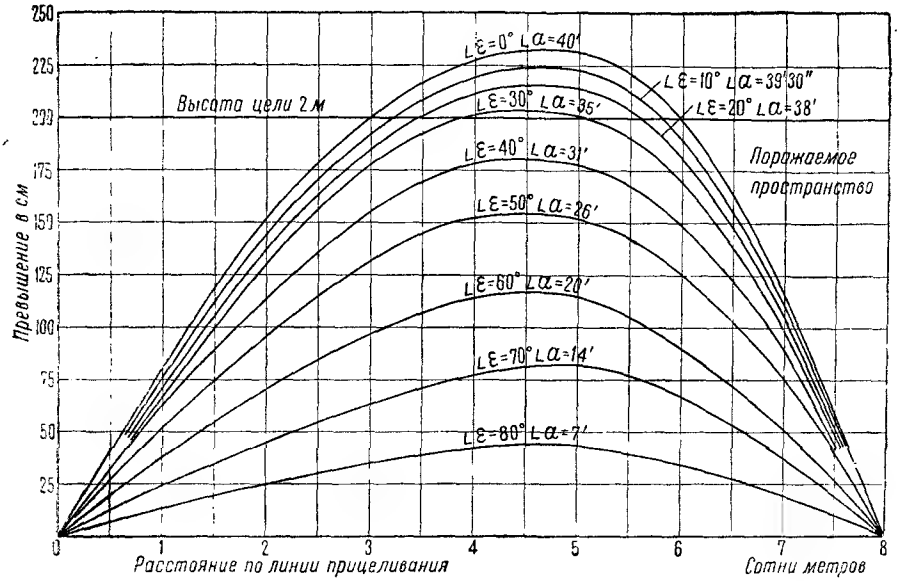


ТАБЛИЦА 7б

ГРАФИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА ПРЕВЫШЕНИЙ ТРАЕКТОРИИ НАД ЛИНИЕЙ ПРИЦЕЛИВАНИЯ ПРИ СТРЕЛЬБЕ ТЯЖЕЛОЙ ПУЛЕЙ ОБР. 1930 г. НА ДИСТАНЦИЮ 1 000 *м*

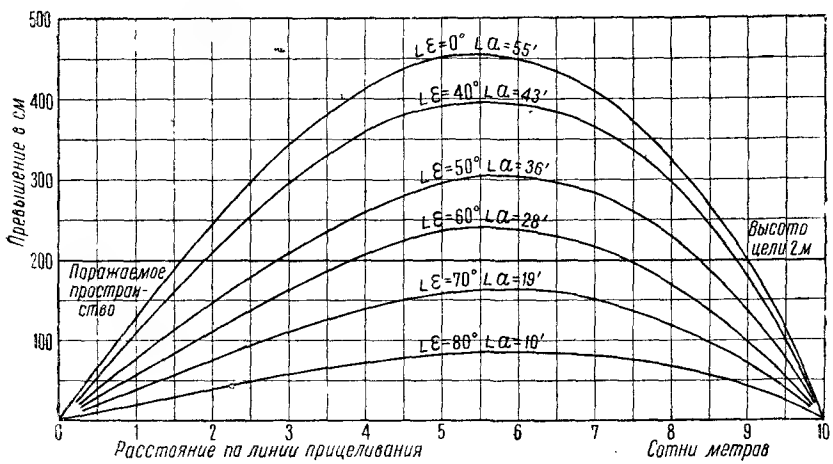


ТАБЛИЦА 7в

ПРЕВЫШЕНИЕ СРЕДНЕЙ ТРАЕКТОРИИ НАД ЛИНИЕЙ ПРИЦЕЛИВАНИЯ И ВЕЛИЧИН ПОРАЖАЕМЫХ ПРОСТРАНСТВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УГЛА МЕСТА ЦЕЛИ И ПРИЦЕЛИВАНИЯ

(Составлена на основе табл. 4)

Для угла $\alpha = 20'$, соответствующего $D_0 = 400$ *м*

Углы места цели	Поражаемое пространство в *м*	Расстояние по линии прицеливания в *м*														
		0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1 000	1 100	1 200	1 300	1 400
		Превышение в *см*														
0°	400	0	22	36	31											
5°	400	0	22	36	31	1										
10°	420	0	22	36	32	3										
15°	430	0	22	36	33	8										
20°	440	0	23	36	34	13										
25°	450	0	24	37	38	21										
30°	480	0	25	41	46	31										
35°	510	0	27	44	52	41	36									
40°	550	0	28	57	60	54	22									
45°	585	0	31	58	70	68	44									
50°	645	0	34	59	78	82	65	22								
55°	715	0	36	65	87	99	89	57	7							
60°	800	0	39	72	98	115	116	93	56							
65°	900	0	42	78	109	132	141	134	112	47						
70°	1 140	0	45	85	121	151	168	175	167	139	94	27				
75°	500	0	48	87	131	169	201	218	225	222	202	162	101	29		
80°	400	0	51	100	147	191	233	262	286	303	310	303	275	174	161	81
85°	350	0	57	113	165	213	260	302	342	380	408	431	445	450	454	441
90°																

Для угла $\alpha = 40'$, соответствующего $D_0 = 800$ *м*

Поражаемое пространство в *м*	Расстояние по линии прицеливания в *м*															Углы места цели
	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1 000	1 100	1 200	1 300	1 400	
	Превышение в *см*															
300	0	90	160	200	230	240	200	130								0°
300	0	90	160	201	233	241	202	134								5°
300	0	90	160	202	234	242	205	140	29							10°
300	0	90	160	204	240	244	208	151	39							15°
290	0	90	160	209	246	253	221	163	56							20°
270	0	90	160	213	252	271	238	183	81							25°
265	0	90	160	220	264	279	257	212	120							30°
260	0	90	160	227	274	294	282	243	163	30						35°
255	0	90	166	234	289	313	308	278	213	96						40°
250	0	90	170	244	301	334	337	320	267	168	19					45°
240	0	92	175	253	315	356	371	366	326	248	123					50°
230	0	94	182	262	331	379	406	414	395	360	235	88				55°
220	0	97	188	273	348	407	442	463	466	423	349	240	58			60°
210	0	100	194	284	364	432	483	519	535	524	477	394	279	88		65°
200	0	100	201	295	383	470	520	575	605	606	608	566	476	359	190	70°
180	0	100	209	308	402	492	568	632	689	726	743	742	701	643	549	75°
160	0	110	216	322	423	524	611	693	745	832	887	893	873	868	845	80°
150	0	110	229	340	446	551	650	783	848	931	1 012	1 084	1 149	1 203	1 255	85°

Для угла $\alpha = 55'$, соответствующего $D_0 = 1\,000$ *м*

Поражаемое пространство в *м*	Расстояние по линии прицеливания в *м*																Поражаемое пространство в *м*	Углы места цели
	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1 000	1 100	1 200	1 300	1 400	1 500		
	Превышение в *см*																	
280	0	130	250	340	410	450	450	430	340	200							100	0°
200	0	130	250	340	410	453	457	440	353	214	7						100	5°
190	0	130	250	341	410	458	461	453	356	225	49						100	10°
190	0	130	251	342	415	462	470	456	378	246	68						100	15°
180	0	130	251	343	421	471	483	467	405	275	100						100	20°
180	0	131	252	344	429	485	500	489	430	318	140						100	25°
170	0	131	252	351	438	497	519	517	469	340	204						100	30°
170	0	131	252	358	448	510	544	548	512	423	276	100					100	35°
160	0	131	253	365	462	531	570	587	562	489	364	170					100	40°
160	0	133	257	375	475	553	599	626	617	562	446	293	30				100	45°
150	0	136	263	384	490	574	633	652	675	641	560	421	209				100	50°
150	0	138	269	393	506	597	668	719	745	726	671	568	393	148			100	55°
150	0	141	276	404	534	625	704	769	815	816	750	720	582	397	136		100	60°
150	0	144	282	414	540	650	745	825	884	914	894	875	802	655	472		100	65°
150	0	147	289	426	547	678	783	901	954	1 007	1 028	1 044	1 000	926	801	633		70°
140	0	150	297	439	577	710	826	938	1 036	1 119	1 181	1 229	1 216	1 210	1 161	1 076		75°
140	0	152	307	453	597	742	873	999	1 117	1 226	1 321	1 395						80°
140	0	158	317	470	620	769	913	1 059	1 193	1 324	1 418							85°

Примечание. Заштрихованная часть таблицы показывает величину поражаемого пространства при движении цели высотой 2 *м* вдоль линии прицеливания. Для графика середина графы соответствует расстоянию до линии цели, указанному над графой.

ТАБЛИЦА 7г

ГРАФИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА ПРЕВЫШЕНИЙ ТРАЕКТОРИИ НАД ЛИНИЕЙ ПРИЦЕЛИВАНИЯ ПРИ СТРЕЛЬБЕ ТЯЖЕЛОЙ ПУЛЕЙ ОБР. 1930 г. С ПОСТОЯННЫМ УГЛОМ ПРИЦЕЛИВАНИЯ 20′

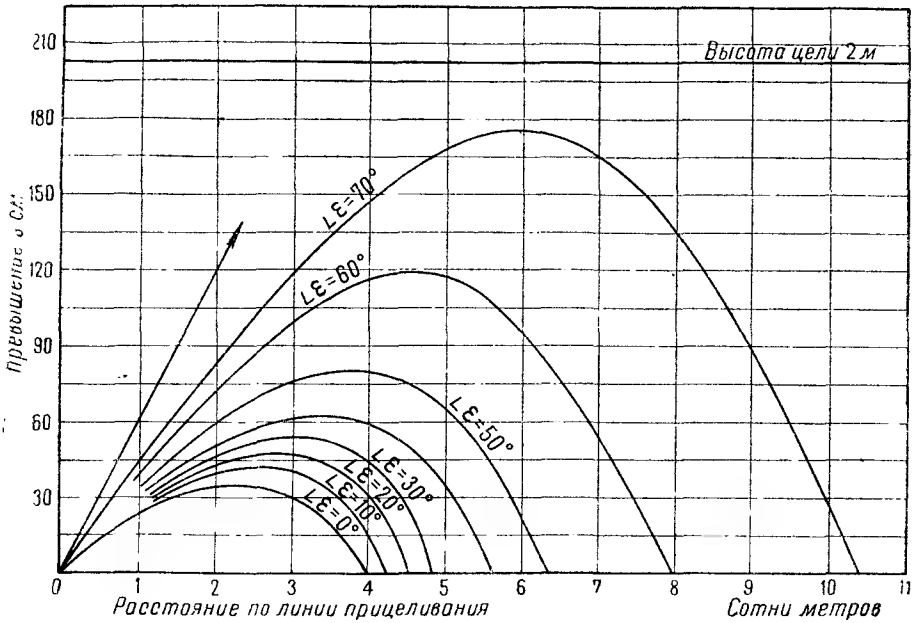


ТАБЛИЦА 7д

ГРАФИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА ПРЕВЫШЕНИЙ ТРАЕКТОРИИ НАД ЛИНИЕЙ ПРИЦЕЛИВАНИЯ ПРИ СТРЕЛЬБЕ ТЯЖЕЛОЙ ПУЛЕЙ ОБР. 1930 г. С ПОСТОЯННЫМ УГЛОМ ПРИЦЕЛИВАНИЯ 40′

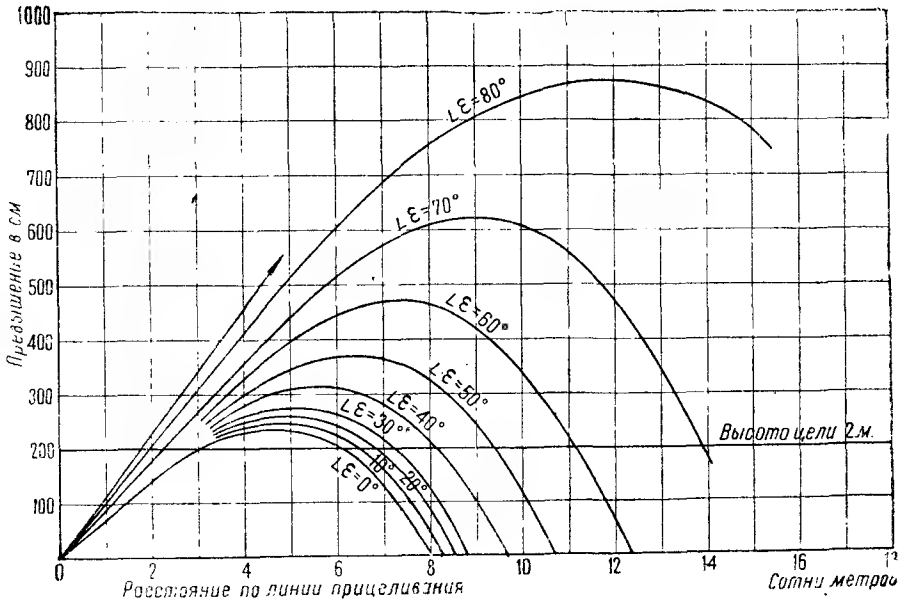
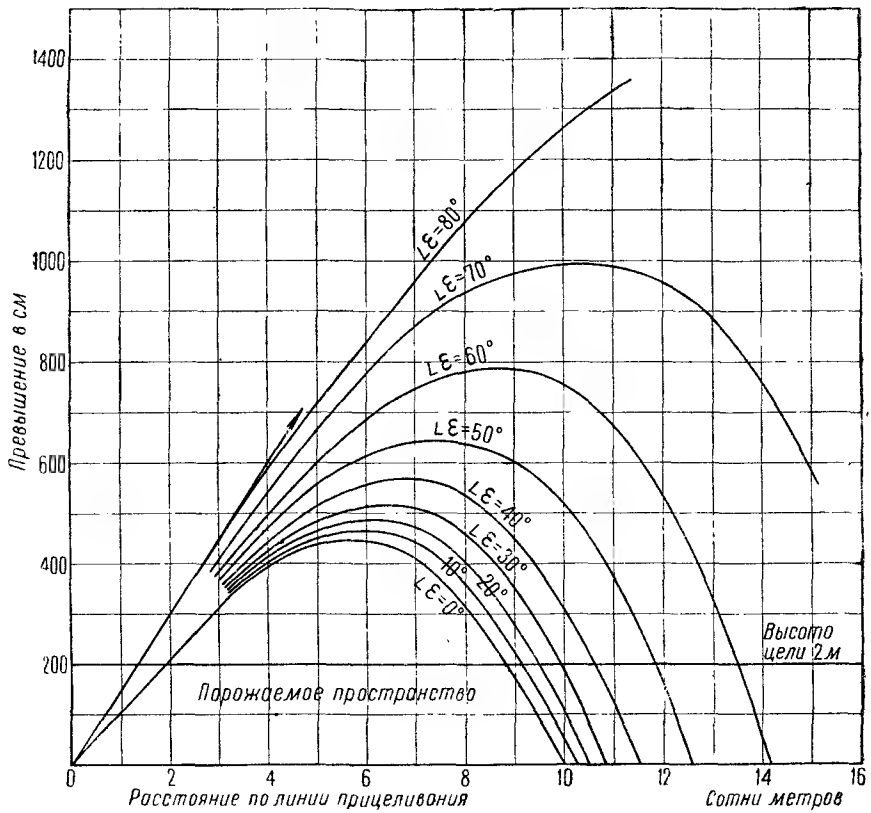


ТАБЛИЦА 7е

ГРАФИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА ПРЕВЫШЕНИЙ ТРАЕКТОРИИ НАД ЛИНИЕЙ ПРИЦЕЛИВАНИЯ ПРИ СТРЕЛЬБЕ ТЯЖЕЛОЙ ПУЛЕЙ ОБР. 1930 г. С ПОСТОЯННЫМ УГЛОМ ПРИЦЕЛИВАНИЯ 55'



Легкая пуля обр. 1908 г.

ТАБЛИЦА 8

ЗАВИСИМОСТЬ ВРЕМЕНИ ПОЛЕТА t ПУЛИ ОТ НАКЛОННОЙ ДИСТАНЦИИ D_c И УГЛА МЕСТА ЦЕЛИ ε

(По данным балистических таблиц)

(в секундах)

Наклонные дистанции в *м*	Углы места цели ε									
	0°	5°	15°	25°	35°	45°	55°	65°	75°	85°
200	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,251	0,252	0,253	0,254	0,256
300	0,39	0,391	0,392	0,393	0,394	0,395	0,396	0,397	0,398	0,400
400	0,55	0,551	0,552	0,553	0,554	0,555	0,556	0,557	0,558	0,559
500	0,73	0,731	0,732	0,733	0,734	0,735	0,736	0,737	0,738	0,740
600	0,93	0,931	0,932	0,933	0,934	0,935	0,936	0,937	0,938	0,940
700	1,15	1,151	1,152	1,153	1,154	1,155	1,156	1,157	1,158	1,160
800	1,40	1,401	1,402	1,403	1,404	1,405	1,406	1,407	1,408	1,410
900	1,68	1,681	1,682	1,683	1,684	1,685	1,686	1,687	1,688	1,690
1 000	1,99	1,991	1,992	1,993	1,994	1,995	1,996	1,997	1,998	2,000
1 100	2,33	2,331	2,334	2,337	2,340	2,344	2,350	2,356	2,362	2,370
1 200	2,70	2,702	2,705	2,710	2,720	2,730	2,740	2,750	2,760	2,770
1 300	3,10	3,102	3,107	3,113	3,121	3,131	3,145	3,161	3,179	3,200
1 400	3,53	3,532	3,537	3,543	3,551	3,563	3,579	3,601	3,629	3,660
1 500	3,99	3,992	3,997	4,010	4,030	4,050	4,070	4,090	4,110	4,150

Тяжелая пуля обр. 1930 г.

ТАБЛИЦА 9

ЗАВИСИМОСТЬ ВРЕМЕНИ ПОЛЕТА ПУЛИ t ОТ НАКЛОННОЙ ДИСТАНЦИИ D_c ДЛЯ ВСЕХ УГЛОВ МЕСТА ЦЕЛИ ε

(Время в секундах)

D_c в *м*	t''	D_c в *м*	t''	D_c в *м*	t''
100	0,13	600	0,94	1 100	2,22
200	0,27	700	1,15	1 200	2,54
300	0,42	800	1,38	1 300	2,88
400	0,58	900	1,64	1 400	3,24
500	0,75	1 000	1,92	1 500	3,61

Легкая пуля обр. 1908 г.

ТАБЛИЦА 10

ОКОНЧАТЕЛЬНЫЕ СКОРОСТИ $v_п$ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАКЛОННОЙ ДИСТАНЦИИ D_c И УГЛОВ МЕСТА ЦЕЛИ ε

(Составлена на основе балистических таблиц)

(Скорости в *м/сек*)

D_c в *м* \ ε	0°	15°	25°	35°	45°	55°	65°	75°	85°	Изменение окончательной скорости в %
200	702	702	702	702	703	704	705	707	707	+ 0,7
400	564	564	564	566	568	570	571	572	573	+ 1,6
600	450	450	450	452	454	457	462	468	474	+ 5,4
800	364	364	364	365	366	367	369	372	374	+ 2,2
1 000	311	306	306	306	306	306	306	305	304	— 2,3
1 200	277	272	272	271	270	269	268	265	262	— 5,7
1 400	250	245	245	244	239	233	229	224	215	—14,5
1 500	239	234	234	233	225	222	214	205	195	—17,8

Тяжелая пуля обр. 1930 г.

ТАБЛИЦА 11

ОКОНЧАТЕЛЬНЫЕ СКОРОСТИ $v_п$ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАКЛОННОЙ ДИСТАНЦИИ D_c И УГЛОВ МЕСТА ЦЕЛИ ε

(Составлена на основе балистических формул) (скорости в *м/сек*)

D_c \ ε	0°	15°	25°	35°	45°	55°	65°	75°	85°	90°
200	688	692	694	696	698	700	702	706	711	712
400	598	600	604	608	612	617	622	627	632	633
600	506	515	521	527	533	539	545	551	557	559
800	430	439	443	448	454	460	466	472	480	482
1 000	366	372	377	382	387	392	398	405	412	413
1 200	321	327	330	334	338	342	346	350	354	355
1 400	292	295	297	300	302	304	306	309	311	312
1 500	281	284	286	288	290	291	292	294	295	295

Легкая пуля обр. 1908 г.

ТАБЛИЦА 12

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ПРЕВЫШЕНИЙ h ТРАЕКТОРИЙ НАД ЛИНИЕЙ ПРИЦЕЛИВАНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫСОТЫ ПОЗИЦИИ НАД УРОВНЕМ МОРЯ H ПРИ СТРЕЛЬБЕ НА ДИСТАНЦИИ ДО 1 100 м

D в м	$\varepsilon = 0$				$\varepsilon = 50$			
	$H = 0$		$H = 1\,200$ м		$H = 0$		$H = 1\,200$ м	
	α_0	h_0 в см	α_c	h_0 в см	α_c	h_c в см	α_c	h_c в см
600	28′	760	27′	630	18′	470	13′	420
700	34′	760	31′	630	22′	470	16′	420
800	41′	700	37′	570	26′	442	20′	396
900	49′	570	44′	481	32′	340	26′	288
1 000	58′	350	52′	262	38′	204	33′	146
1 110	1° 9′	0	1° 1′	0	45′	0	37′	0

ТАБЛИЦА 13

СЕРДЦЕВИННЫЕ ПОЛОСЫ И ВЕРОЯТНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ПРИ ЗЕНИТНОЙ СТРЕЛЬБЕ ИЗ ПУЛЕМЕТА МАКСИМА НА ТВЕРДОЙ УСТАНОВКЕ

(Ориентировочная)

Дистанции стрельбы D в м	$C_б$	$B_б$	$C_в$	$B_в$
	метры			
100	0,62	0,20	0,77	0,25
300	1,39	0,45	2,00	0,65
500	2,31	0,75	3,54	1,15
700	3,39	1,10	5,08	1,65
1 900	4,47	1,45	6,94	2,25
1 000	5,08	1,65	8,02	2.60
1 100	5,70	1,85	9,08	2,95
1 300	7,24	2,65	12,94	4,20
500	12,30	4,10	19,50	6,50

ТАБЛИЦА 14

ИЗМЕНЕНИЕ СКОРОСТЕЙ ПУЛИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УГЛА БРОСАНИЯ И ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ДАЛЬНОСТИ

(Составлена по балистическим формулам)

(Скорости в *м/сек*)

Углы бросания	Дальности по горизонту в *м*																		Конечная скорость
	0	200	400	600	800	1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000	2 200	2 400	2 600	2 800	3 000	3 200	3 300	
0°	860																		860
5°	860	700	555	428	344	290	257	230	205	152									152
10°	860	700	550	424	337	288	254	227	202	182	160	160	140	125	110				110
15°	860	698	546	420	332	284	252	226	201	179	158	139	124	113	106	102			102
20°	860	693	534	407	328	279	246	219	123	170	150	133	118	109	103	102	103		103
25°	860	688	522	395	314	271	239	212	187	163	143	126	114	104	99	98	100	105	105
30°	860	681	516	387	307	265	233	204	179	155	134	118	105	98	95	96	100	109	109
35°	860	671	499	370	296	255	223	194	167	143	123	107	97	91	91	94	101	112	112
40°	860	657	479	350	283	243	209	179	151	128	109	96	88	85	89	97	107	116	116
45°	860	642	454	322	269	229	194	162	135	112	95	83	80	83	92	104	114		117
50°	860	620	422	306	251	210	173	140	113	92	79	74	77	88	103	115			120
55°	860	586	382	281	228	189	148	115	90	72	67	72	85	103	117				121
60°	860	559	345	259	204	157	118	88	66	58	70	88	107	120					123
65°	860	503	302	227	170	121	83	56	53	73	97	117	123						124
70°	860	446	260	183	120	83	44	53	35	115	124								124
75°	860	370	207	121	57	35	77	117	125										125
80°	860	265	121	33	65	122													126
85°	860	122	60	126															
90°	860																		

ТАБЛИЦА 15

ГРАФИК ПОРАЖАЕМЫХ ПРОСТРАНСТВ ПО ГОРИЗОНТУ ПРИ ОБСТРЕЛИВАНИИ САМОЛЕТОВ СОПРОВОДИТЕЛЬНЫМ ОГНЕМ

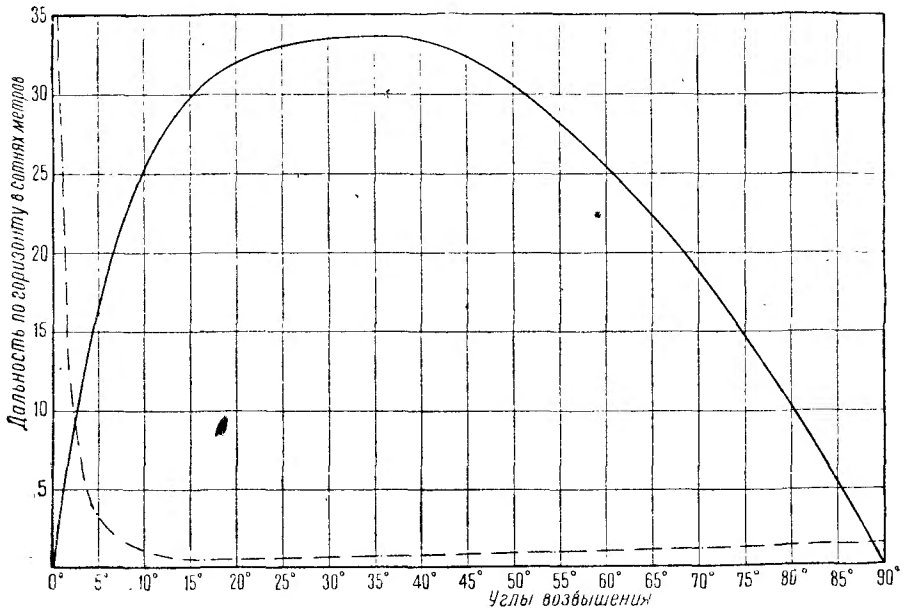


ТАБЛИЦА 16

ЗАВИСИМОСТИ ВЫСОТ ПРИЦЕЛОВ ВИНТОВКИ ОТ УГЛОВ МЕСТА ЦЕЛИ ε И НАКЛОННОЙ ДИСТАНЦИИ D_c

D в м \ ε	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°
100	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
200	2	2	2	1½	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
300	3	3	3	3	3	2½	2½	1½	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
400	4	4	4	4	3	3	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	
500	5	5	5	5	5	5	5	5	4½	4½	3	2½	1	1	1	1	1	1	
600	6	6	6	6	6	5½	5½	5	4½	4½	4	3½	3	1½	1	1	1	1	
700	7	7	7	7	7	6½	6½	6	6	5	4	3½	3	2	1	1	1	1	
800	8	8	8	8	7½	7½	7	7	6½	6	5½	5	4½	4	3	1½	1	1	
900	9	9	9	9	9	8½	8	8	8	7	7	6	5	4½	4	2	1	1	
1 000	10	10	10	9½	9½	9½	9	9	8½	8	7½	7	6½	4½	4	3	1	1	
1 100	11	11	11	11	11	10	10	10	9½	9	8½	8	7	6	5½	4	2	1	
1 200	12	12	12	12	11½	11½	11	11	10	10	9½	9	8	7	6	5	3	1	
1 300	13	13	13	13	12½	12½	12	12	11½	11	10	9½	9	8	7	5½	3½	1	
1 400	14	14	14	14	13½	13½	13	13	12½	11½	11½	11	10	9	8	7	4	1	
1 500	15	15	15	14½	14	13½	13½	13	12½	12	11½	11½	10½	10	9	7	5½	1	

Редактор Цветковский К. К.
Технический редактор Бабочкин А. Т.
Корректоры Лишина Р. А., Лапина А. А.

Сдано в производство 11.1.40
Подписано к печати 7.8.40
Формат бумаги 60×92 1/16
Объем 12 3/4 печ. л. + 2 вклейки
3/4 п. л., 12,9 у.-а. л.
Изд. № 43. Г13754. Зак. № 168
Цена книги 3 руб., переплета № 5—1 руб.

Отпечатано во 2-й типографии
Государственного военного изд-ва
НКО СССР им. Клима Ворошилова,
Ленинград, ул. Герцена, д. 1